

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA



## **Realidade Aumentada Móvel – Comparação de Técnicas de Visualização *Off-Screen***

Bruno Daniel Costa da Rocha

**Mestrado em Engenharia Informática**  
Especialização em Sistemas de Informação

Dissertação orientada por:  
Professora Doutora Ana Paula Pereira Afonso  
e Professora Doutora Maria Beatriz Duarte Pereira do Carmo





## Agradecimentos

Quero, em primeiro lugar, agradecer à minha família, com atenção especial aos meus pais por todo o apoio, valores e motivação que me inculcaram ao longo da vida e que sempre fizeram tudo para que tivesse um percurso académico com sucesso.

Quero agradecer também às minhas orientadoras, a Professora Dra. Ana Paula Afonso e a Professora Dra. Maria Beatriz do Carmo, por todo o esforço, trabalho, tempo e compreensão e por me terem orientado neste percurso. Sem a sua orientação, conselhos e sugestões este trabalho não teria sido possível.

Um obrigado à minha namorada, Inês Videira por toda a paciência e compreensão e pela contínua motivação nesta etapa. Um obrigado também a todos os meus amigos que sempre estiveram do meu lado e que me ajudaram e viram cumprir as metas.

Por fim um sincero obrigado a todas as pessoas que direta ou indiretamente fizeram parte do meu percurso e sucesso académico.



## Resumo

A área da realidade aumentada tem vindo a ter um crescente interesse e o número de aplicações desenvolvidas nos últimos anos tem aumentado substancialmente para acrescentar informação sobre o ambiente que o rodeia.

Apesar dos desenvolvimentos nos últimos anos dos dispositivos utilizados para a execução da realidade aumentada continuam a existir limitações, nomeadamente, as reduzidas dimensões dos ecrãs e a dificuldade em transmitir ao utilizador a noção que existem mais pontos de interesse ao seu redor e não somente os que se encontram no seu campo de visão. Para além disto surge também a dificuldade em guiar o utilizador até aos pontos que não se situem no seu campo de visão, a necessidade de escolher as melhores representações ou pistas para guiar o utilizador até esses pontos de interesse e ainda incluir graus de interesse ou a relevância dos mesmos.

Este trabalho tem como objetivo continuar o projeto previamente desenvolvido, denominado ARWithMaps, que concretiza técnicas de visualização de pontos de interesse em Realidade Aumentada incluindo pistas para pontos de interesse fora do campo de visão e com recurso a mapas. Adicionalmente pretende-se realizar uma comparação entre as diversas técnicas, de modo a identificar as vantagens e desvantagens de cada uma delas. De modo a concretizar este objetivo acrescentou-se à anterior aplicação mais uma técnica de visualização e realizaram-se testes com utilizadores para perceber quais as suas preferências e qual o seu desempenho durante a utilização das mesmas.

Os testes revelaram uma preferência pelas técnicas de visualização que incluem algum tipo de representação simultânea sobre a disposição dos pontos no mundo tal como o mapa e o radar e os resultados comprovam melhor desempenho nessas técnicas.

**Palavras-chave:** Realidade Aumentada, técnicas de visualização *off-screen*, dispositivos móveis, proximidade, relevância



# Abstract

The area of augmented reality has been growing in interest and the number of applications developed in recent years has increased substantially to add information about the surrounding environment.

Despite the developments in recent years of the devices used for the implementation of augmented reality, there are still limitations, namely the small dimensions of the screens and the difficulty to convey to the user the notion that there are more points of interest around them and not only those in their field of vision. In addition to this, there is also the difficulty of guiding the user to points that are not in his / her field of view, the need to choose the best representations or clues to guide the user to those points of interest and to include degrees of interest or their relevance.

This work aims to continue the previously developed project, called ARWithMaps, which implements techniques of visualization of points of interest in Augmented Reality including clues to points of interest outside the field of view and using maps. Additionally, it is intended to make a comparison between the various techniques in order to identify the advantages and disadvantages of each of them. In order to achieve this goal, another visualization technique was added to the previous application and tests were performed with users to understand their preferences and their performance while using them.

The tests revealed a preference for visualization techniques that include some kind of simultaneous representation of the arrangement of points in the world such as the map and radar, and the results show better performance in these techniques.

**Keywords:** Augmented Reality, *off-screen* points of interest, mobile devices, proximity, relevance





# Conteúdo

Capítulo 1	Introdução .....	1
1.1	Motivação .....	1
1.2	Objetivos e contribuição .....	2
1.3	Organização do documento .....	2
Capítulo 2	Conceitos e trabalho relacionado .....	5
2.1	Realidade aumentada .....	5
2.1.1	Definição de realidade aumentada .....	5
2.1.2	<i>Tracking</i> em realidade aumentada .....	7
2.1.3	Tipos de <i>display</i> .....	9
2.2	Técnicas de visualização <i>off-screen</i> .....	17
2.2.1	Halo .....	17
2.2.2	Wedge .....	18
2.2.3	Técnicas baseadas em pontos .....	19
2.2.4	Técnicas baseadas em setas .....	24
2.2.5	Técnicas com recurso a mapas .....	25
2.3	Conclusão .....	28
Capítulo 3	ARWithMaps .....	29
3.1	Modelo de dados .....	29
3.2	Simbologia .....	30
3.3	Relevância .....	31
3.4	Agregação .....	33
3.5	Técnicas de visualização .....	33
3.5.1	RA com moldura (quadrados) + mapa .....	33
3.5.2	RA com moldura (Setas) + mapa .....	36
3.5.3	RA com mini mapa .....	37
3.5.4	RA com radar .....	38
3.6	Arquitetura e Implementação do ARWM .....	39

3.6.1	Desenho da arquitetura .....	39
3.6.2	Implementação de funcionalidades .....	42
Capítulo 4	Avaliação e Resultados .....	45
4.1	Plano de Avaliação .....	45
4.2	Tarefas .....	47
4.3	Hipóteses .....	48
4.4	Protótipo de Teste .....	48
4.5	Estudo .....	49
4.5.1	Participantes.....	49
4.5.2	Análise de Resultados.....	51
4.5.3	Sumário e notas .....	60
4.5.4	Opiniões dos utilizadores.....	63
Capítulo 5	Conclusões e Trabalho Futuro .....	65
5.1	Conclusões.....	65
5.2	Trabalho Futuro .....	66
Bibliografia	.....	69
Anexos	.....	73
Anexo A	- Inquérito e Avaliação: ARWithMaps .....	73
Anexo B	- Formulário de Consentimento Informado .....	79

# Lista de Figuras

Figura 2.1 Ilustração do espectro contínuo da realidade.....	5
Figura 2.2: Métodos de <i>Tracking</i> em Realidade Aumentada.....	7
Figura 2.3: Ecrãs para realidade aumentada num espectro de olho para mundo ....	10
Figura 2.4: Diagrama de um retinal display .....	11
Figura 2.5: Video See-Through à esquerda e Optical See-Through à direita .....	12
Figura 2.6: Demonstração de um ecrã do tipo projective em cima. Reflexão de feixes luminosos em superfícies distintas em baixo.....	12
Figura 2.7: Aplicação ARCore num telemóvel.....	13
Figura 2.8: a) Representação de um ecrã optical see-through em cima e de um vídeo see-through em baixo; b) utilizador a usar um HMD vídeo see-through .....	14
Figura 2.9: Um ecrã optical <i>see-through</i> .....	15
Figura 2.10: Estrutura de um “Eye Multiplexed Display” .....	17
Figura 2.11: Representação das técnicas de Wedge e Halo em VR/AR.....	18
Figura 2.12: Variações de EyeSee360 .....	20
Figura 2.13: Letra vs. Palavra .....	21
Figura 2.14: Animações Testadas .....	21
Figura 2.15: Representações em EyeSeeX.....	22
Figura 2.16: Representação dos tipos de movimentação em Radar3D.....	23
Figura 2.17: Imagem do ecrã utilizando este sistema com retângulos coloridos para simbolizar se está dentro (vermelho) ou fora do campo de visão (azul) .....	24
Figura 2.18: Representação da técnica com realidade aumentada e moldura....	26
Figura 2.19: ARWithMaps com vista Mapa 2D (esquerda) e vista RA (direita)..	26
Figura 2.20: ARWithMaps com Mini Mapa .....	27
Figura 2.21: ARWithMaps com Radar .....	28
Figura 3.1 Representação da vista de RA com moldura com quadrados.....	34
Figura 3.2 Representação dos eixos num dispositivo com Android .....	35
Figura 3.3: Representação da vista do mapa.....	36
Figura 3.4 Representação da vista RA com moldura com setas .....	37
Figura 3.5 Representação da vista RA com mini mapa .....	38
Figura 3.6: Representação da vista RA com radar .....	39
Figura 3.7 Arquitetura do protótipo ARWM .....	40
Figura 4.1 Média de tempo até à conclusão da tarefa .....	54

Figura 4.2 Número Total de Erros .....	56
Figura 4.3 Percentagem de Utilizadores com erros .....	57
Figura 4.4 Primeiro acesso ao mapa nas técnicas com moldura .....	58
Figura 4.6 Número de utilizadores que não utilizaram o mapa .....	59
Figura 4.5 Número de Acessos ao Mapa .....	59

## Lista de Tabelas

Tabela 3.1 Modelo de dados que representa cada POI .....	30
Tabela 3.2 Relação entre relevância e transparência .....	31
Tabela 3.3 Representação da cor da relevância de acordo com o valor atribuído .....	32
Tabela 4.1 Distribuição de resultados de preferência .....	51
Tabela 4.2 Distribuição de resultados de usabilidade .....	52
Tabela 4.3 Tempo de conclusão.....	53
Tabela 4.4 Variação da variação de ângulo do dispositivo.....	55
Tabela 4.5 Distribuição de erros .....	56
Tabela 4.6 Distribuição de tempo em milissegundos sobre o primeiro acesso ao mapa.....	59
Tabela 4.7 Agregação de resultados.....	60
Tabela 4.8 Agregação de resultados por idade e experiência em RA género masculino.....	61
Tabela 4.9 Agregação de resultados por idade e experiência em RA género feminino .....	61
Tabela 4.10 Agregação de resultados por idade área de formação .....	62



# Capítulo 1

## Introdução

Neste capítulo são explicados os motivos da realização deste trabalho, apresentam-se os objetivos, qual a organização do mesmo, os seus objetivos e a organização do documento.

### 1.1 Motivação

A Realidade Aumentada baseia-se na adição de elementos virtuais às imagens captadas pelo dispositivo para acrescentar informação sobre o ambiente que o rodeia. A utilização da Realidade Aumentada tem vindo a crescer ao longo dos últimos tempos pelas potencialidades que proporciona na apresentação de informação de uma forma fácil e gráfica no mundo tal como o vemos através do ecrã dos dispositivos móveis. Esse crescimento deve-se também aos avanços da tecnologia que tem trazido cada vez mais capacidades aos mesmos permitindo a utilização, com um alto desempenho por grande parte da população e a diminuição do seu custo.

No entanto a utilização desta técnica, tal como a realidade virtual e realidade mista, sofrem de um mesmo problema, que é a dificuldade em comunicar ao utilizador que este possui mais informação disponível para lá do seu campo de visão atual e auxiliá-lo na pesquisa e identificação da mesma. Este problema é agravado pelo campo de visão que os dispositivos tais como, telemóveis, *Microsoft Hololens*, *Google Glass*, *Magic Leap*, entre outros possuem que é bastante reduzido.

É importante perceber quais são o tipo de pistas visuais que são melhor compreendidas pelos utilizadores e que os auxiliam a encontrar os pontos de interesse (POI) com maior velocidade, precisão e menor carga cognitiva.



## 1.2 Objetivos e contribuição

Em trabalhos de mestrado anteriores (Silva, 2016) e (Melo, 2018) foram desenvolvidos protótipos em dispositivos móveis com a concretização de técnicas de visualização de pontos de interesse em realidade aumentada incluindo pistas para objetos fora do campo de visão do dispositivo e com recurso a mapas, servindo estas de base para o trabalho realizado no âmbito deste projeto.

Este projeto teve como objetivo fazer uma comparação entre as diversas técnicas, de modo a identificar as vantagens e desvantagens de cada uma delas, e propor uma solução que permita melhorar as já existentes. De modo a concretizar este objetivo acrescentou-se à aplicação ARWithMaps (Melo, 2018) mais uma técnica de visualização *off-screen* que envolve uma moldura com setas como pista para indicar o sentido de rotação do dispositivo para encontrar os pontos de interesse *off-screen*, complementando com o auxílio de um mapa à semelhança de uma das técnicas já desenvolvidas. De forma a termos dados para avaliar as técnicas foram feitos testes com utilizadores para perceber quais as suas preferências e qual o seu desempenho durante a utilização das mesmas.

## 1.3 Organização do documento

O documento encontra-se subdividido da seguinte forma;

- Capítulo 1 - Introdução: Apresentam-se os objetivos, as contribuições do trabalho e a organização do documento pela qual a realidade aumentada passa e as dificuldades na visualização *off-screen*.
- Capítulo 2 - Trabalho Relacionado: Apresentam-se as diversas técnicas de visualização *off-screen* como foram abordadas e as vantagens e desvantagens de cada uma.
- Capítulo 3 - ARWithMaps: Descreve-se o trabalho realizado sobre a aplicação e como esta é composta.
- Capítulo 4 - Avaliação e resultados: Descreve-se como foram preparados os testes, a sua execução e a análise dos dados recolhidos.

- Capítulo 5 - Conclusões e Trabalho Futuro – São apresentadas considerações finais sobre o trabalho, as conclusões que pudemos obter do estudo e possibilidades acerca do caminho a seguir no futuro.



## Capítulo 2

### Conceitos e trabalho relacionado

Neste capítulo é realizada uma introdução à realidade aumentada e ao funcionamento da mesma, sobre o *tracking* e o tipo de dispositivos que possibilitam experimentá-la. Adicionalmente, são apresentados os trabalhos mais relevantes que abordam técnicas de visualização *off-screen*, as suas vantagens e desvantagens e pontos importantes a retirar dos mesmos.

## 2.1 Realidade aumentada

### 2.1.1 Definição de realidade aumentada

O conceito “contínuo realidade-virtualismo” de Milgram, ilustrado em Figura 2.1 é definido como um contínuo que varia entre o ambiente real e o ambiente virtual que passa pela realidade aumentada e a virtualidade aumentada sendo que a realidade aumentada está mais perto do mundo real e a virtualidade aumentada está próxima de um ambiente puramente virtual (Milgram, Takemura, Utsumi, & Kishino, 1994).

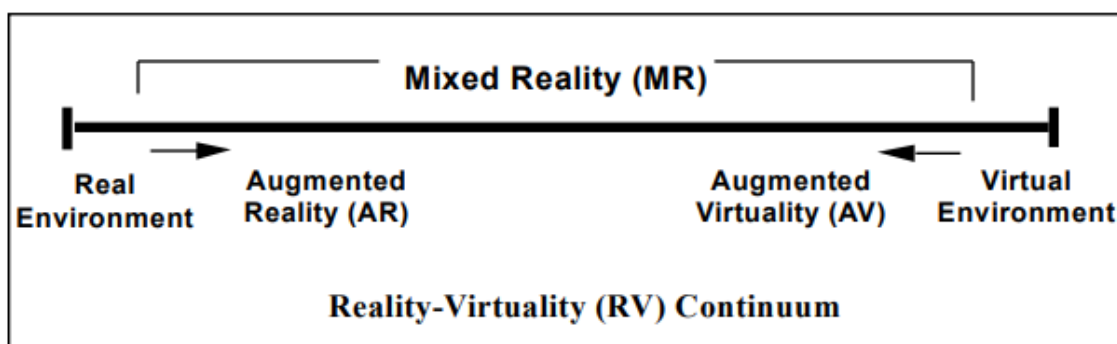


Figura 2.1 Ilustração do espectro contínuo da realidade (Milgram, Takemura, Utsumi, & Kishino, 1994)

A primeira menção à realidade aumentada acontece nos anos 50 por Heilig, mas apenas em 1968 foi criado o primeiro sistema de realidade aumentada através de um *see-through Head Mounted Display* (HMD) (Carmigniani & Furht, 2011). Em 1990 um

investigador da Boeing, Thomas Caudell e David Miell, inventaram o termo Realidade Aumentada para descrever como o HMD que os eletricitistas usavam ao juntar cablagem funcionava (Carmigniani & Furht, 2011). Em 1997 Ronald Azuma escreveu a definição de realidade aumentada que mais consenso achou, que identifica a realidade aumentada como uma combinação do ambiente real e virtual e onde existe uma interação e processamento em tempo real e em 3 dimensões. Uma das primeiras utilizações comerciais da Realidade Aumentada foi a linha amarela que aparecia em jogos de futebol (Carmigniani & Furht, 2011).

Hoje em dia esta tecnologia é usada nas mais diversas indústrias tais como *marketing*, jogos, saúde e turismo (Bimber & Raskar, 2007). A adoção emergente da Realidade Aumentada deve-se ao apelo e interesse que ela gera por si mesma e pelo crescente número de dispositivos que a suporta. Para além disto as grandes empresas de tecnologia como a Google e a Apple têm vindo a desenvolver e melhorar os seus SDK's, nomeadamente ARCore (Google, Google ARCore Concepts, 2019) e ARKit (Apple, 2019), para que mais programadores tenham acesso a estas tecnologias e desenvolvam novas aplicações sem necessitarem de investir necessariamente nos geralmente dispendiosos HMD.

Os dispositivos para conseguirem realizar esta tarefa necessitam geralmente de todos ou muitos dos seguintes componentes: Câmaras para poderem captar imagens do mundo e fornecer a informação a algoritmos de forma a poderem avaliar o mundo e reconhecer os objetos, ter uma noção de profundidade; sensores para ajudar neste reconhecimento e ajudar a posicionar o utilizador espacialmente, avaliar a velocidade e outros fatores que possam ser determinantes para o caso em questão. A sua capacidade de processamento tem de ser elevada pois é uma tarefa extremamente complexa devido ao elevado processamento e número de cálculos necessários. No caso de serem óculos tais como os Hololens estes possuem também diversos espelhos de diferentes tamanhos para modular a luz de forma eficaz a criar os objetos na nossa visão (Bimber & Raskar, 2007).

### 2.1.2 *Tracking* em realidade aumentada

Nesta secção são apresentados os vários tipos de *tracking* em Realidade Aumentada. Apresenta-se um esquema na Figura 2.2 sobre os diferentes tipos métodos de tracking.

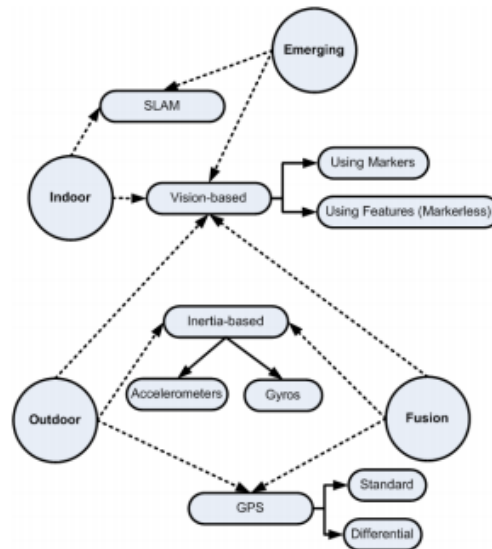


Figura 2.2: Métodos de *Tracking* em Realidade Aumentada (Bostanci, Kanwal, Ehsan, & Clark, 2013)

#### 2.1.2.1 Baseado em sensores

As técnicas de *tracking* baseadas em sensores são como o nome indica baseadas em sensores tais como os magnéticos, acústicos, mecânicos e de inércia. Cada um destes sensores apresenta as suas vantagens e desvantagens que a sua utilização conjunta tenta colmatar (Zhou, Been-Lirn Duh, & Billinghurst, 2008) .

O GPS é um dos sensores mais importantes na deteção da posição do utilizador em especial no exterior onde a sua precisão é maior. No entanto a sua precisão só é precisa até 4.9 metros e condições perfeitas (GPS Performance & Accuracy, s.d.) . Por isso é possível utilizar as redes móveis e Wi-Fi para aumentar esta precisão, como por exemplo, em Real Time Kinematic (Zealand, Zhou, Duh, & Billinghurst, 2010).

O acelerómetro e giroscópio também são frequentemente utilizados para perceber a movimentação do utilizador e apresentar modificações nos cenários consoante seja necessário apresentar dados relevantes.

### 2.1.2.2 Baseado na visão

Técnicas de *tracking* por visão são definidas por abordagens de registo e rastreamento que determinam a posição da câmara utilizando dados capturados pelos sensores óticos. Esta técnica é normalmente utilizada em ambientes interiores. Inicialmente eram usados infravermelhos para a identificação, mas hoje em dia é feito utilizando simplesmente a luz visível (Zealand, Zhou, Duh, & Billinghurst, 2010) daí ser recomendado que quando se pretende utilizar a realidade aumentada deve-se ter um ambiente bem iluminado.

Para despoletar as experiências de realidade aumentada podem ser usados marcadores. Definem-se marcadores fiduciais como elementos diferenciáveis colocados no ambiente de forma a serem identificáveis separadamente de outros objetos presentes. Estes marcadores podem ser passivos ou ativos dependendo se enviam algum tipo de sinal ou não. Os passivos têm um padrão distinto que os permite ser identificados (Bostanci, Kanwal, Ehsan, & Clark, 2013).

Caso não sejam usados marcados recorre-se à avaliação de objetos reais em 3D para reconhecer traços dos mesmos até que estes sejam identificados. São utilizados complexos algoritmos de processamento de imagem para detetar “*features*” únicas, como vértices, pontos e intersecções de linhas nas imagens e é-lhes dado um descritor único que é usado posteriormente para calcular se esse é um objeto e de qual se trata (Bostanci, Kanwal, Ehsan, & Clark, 2013).

Pode também ser utilizado *tracking* de um objeto real através de um modelo 3D modelado previamente, no entanto esta técnica não tem sido muito usada (Zealand, Zhou, Duh, & Billinghurst, 2010).

Tecnologias como ARCore (Google, Google ARCore Concepts, 2019) e ARKit (Apple, 2019) fazem uso das capacidades dos dispositivos para perceber o que se encontra no ambiente para encontrar planos onde podem ser colocados objetos e como se pode interatuar com eles. Também conseguem perceber a quantidade de luminosidade existente no ambiente para afetar os objetos. Estas tecnologias permitem também interagir com os objetos virtuais criados, movê-los nos planos e alterar o seu tamanho, um bom exemplo desta técnica é a aplicação desenvolvida pela IKEA (IKEA, 2019) para

experimentalizar os móveis em nossa casa. Para efetuar as interações com sucesso, tanto os objetos como os planos são definidos por “âncoras” e sua posição é relativa umas às outras (Google, Google ARCore Concepts, 2019).

### **2.1.2.3 Técnicas híbridas**

As técnicas híbridas agregam dados provenientes de diferentes sensores para adicionar mais graus de liberdade e melhorar a precisão de cada sensor individualmente ou ultrapassar as dificuldades de certos métodos de *tracking* (Zealand, Zhou, Duh, & Billingham, 2010).

Estes sensores por sua vez podem ser divididos em dois tipos de sistemas dependendo do seu funcionamento sendo eles sistemas vagamente ou fortemente acoplados. Nos vagamente acoplados cada sensor faz os seus cálculos individualmente independentemente dos outros enquanto que nos fortemente acoplados existe um sensor fusão que calcula os dados de todos os sensores para uma estimativa de posição mais precisa (Bostanci, Kanwal, Ehsan, & Clark, 2013).

### **2.1.3 Tipos de *display***

Na técnica de realidade aumentada existem diferentes ecrãs que podem ser de vários tipos dependendo da forma como devem ser utilizados e como a informação é apresentada.

Relativamente à forma de mostrar os elementos virtuais podemos considerar os seguintes tipos de equipamentos:

- *Video See-Through*
- *Optical See-Through*
- *Projective*



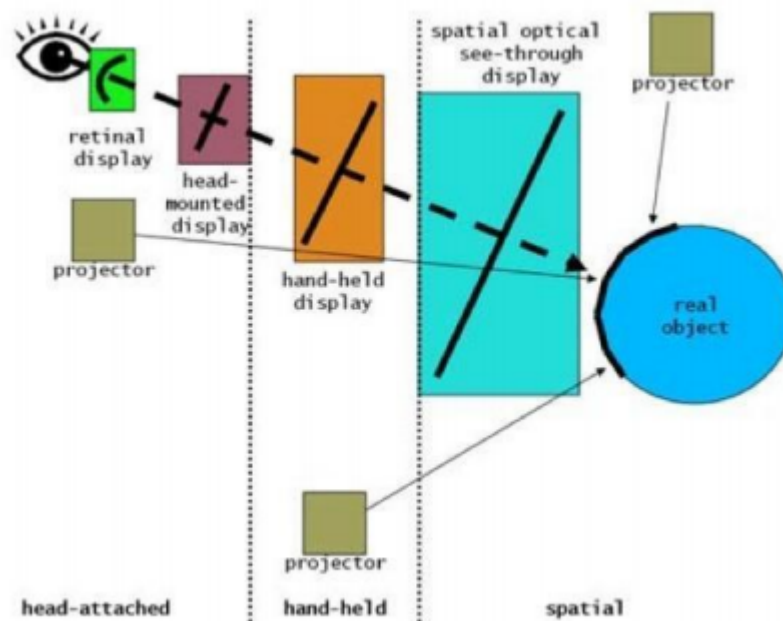


Figura 2.3: Ecrãs para realidade aumentada num espectro de olho para mundo (Billinghurst, Clark, & Lee, 2015)

Em relação ao tipo de equipamento temos o seguinte:

- *Head-Mounted* que podem ser do tipo *Video See-Through* ou *Optical See-Through*.
- *Hand-Held* (Smartphone/Tablet) do tipo *Video See-Through*
- *Spatial* é do tipo *projective*.

Em relação à forma de utilização, na Figura 2.3 conseguimos ter uma melhor noção da implementação destes dispositivos e como interagem com o utilizador e a sua visão. Em seguida explica-se cada uma das categorias apresentadas

### 2.1.3.1 Head-attached display

Nos *Head-Attached displays* o utilizador tem que usar um dispositivo com ecrã na sua cabeça. Consoante a tecnologia que gera as imagens estes podem-se dividir em 3 grandes tipos, Retinal Displays, HMD com pequenos ecrãs, HMD com projetores (Bimber & Raskar, 2006).

Os retinal displays, Figura 2.4, utilizam lasers semicondutores de pouca potência de forma a modular a luz diretamente para a retina do utilizador que permite produzir imagens de muito alta resolução com um campo de visão bastante mais largo do que um ecrã comum. No entanto estes “displays” são monocromáticos, a vermelho, devido à inexistência de leds azuis e verdes de baixa potência a preços baixo, pode existir alguma dificuldade a focar devido a uma distância constante do emissor de luz e não existem versões estereoscópicas (Bimber & Raskar, 2007).

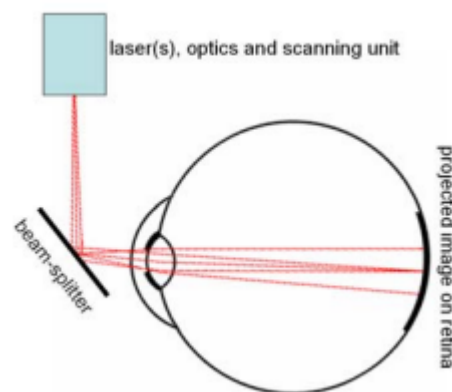


Figura 2.4: Diagrama de um retinal display (Bimber & Raskar, 2006)

Os HMD subdividem-se em dois tipos, os *video see-through displays* e os *optical see-through Displays* que são ilustrados na Figura 2.5 e que cujas particularidades serão discutidas adiante. No entanto os dispositivos que os empregam apesar de terem um alto desempenho são também pesados e propensos a algum desconforto, ou então temos também alguns ergonómicos, mas cuja qualidade é bastante mais reduzida (Bimber & Raskar, 2006).

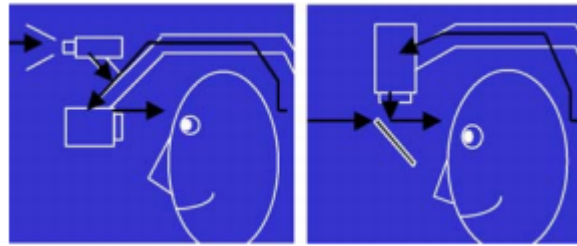


Figura 2.5: Video See-Through à esquerda e Optical See-Through à direita (Billinghurst, Clark, & Lee, 2015)

Em HMD com projetores estes emitem feixes de luz separados para que estes sejam transmitidos para uma superfície retrorrefletora na frente do utilizador. Esta superfície são cobertas de muitos milhares de microcubos com propriedades óticas especiais que tornam esta superfície muito mais refletora que o normal. Este tipo de dispositivos bem como as reflexões passíveis de serem produzidas ao embaterem em materiais de diferentes propriedades podem ser vistos na Figura 2.6.

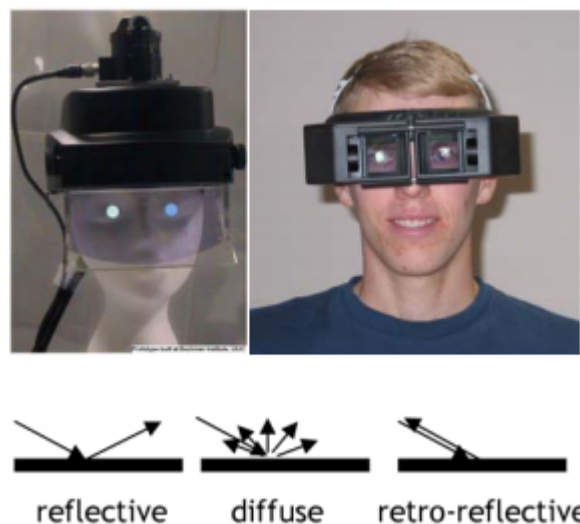


Figura 2.6: Demonstração de um ecrã do tipo projective em cima. Reflexão de feixes luminosos em superfícies distintas em baixo (Billinghurst, Clark, & Lee, 2015)

Desta forma conseguem superar algumas dificuldades de outros HMD, como por exemplo conseguem aumentar o campo de visão sem necessidade de mais lentes ou distorção e problemas de utilização incorreta dos HMD. No entanto, ainda são pouco ergonómicos, os projetores têm uma luminosidade e resolução limitada, requerem as superfícies especiais para funcionarem em condições, a luminosidade do ambiente tem de ser controlada e por isso só pode ser usados no interior (Bimber & Raskar, 2006).

### 2.1.3.2 Hand-held display

Estes tipos de ecrãs apresentam-se como uma boa alternativa pois são pouco intrusivos, socialmente aceites, estão disponíveis com facilidade e são bastante portáteis. Fazem uso deste tipo de *displays* por exemplo, os telemóveis e tablets como podemos observar na Figura 2.7. No entanto, requerem que o utilizador esteja sempre a segurar no dispositivo o que restringe a capacidade de realizar outras atividades (Zhou, Been-Lirn Duh, & Billinghamurst, 2008).

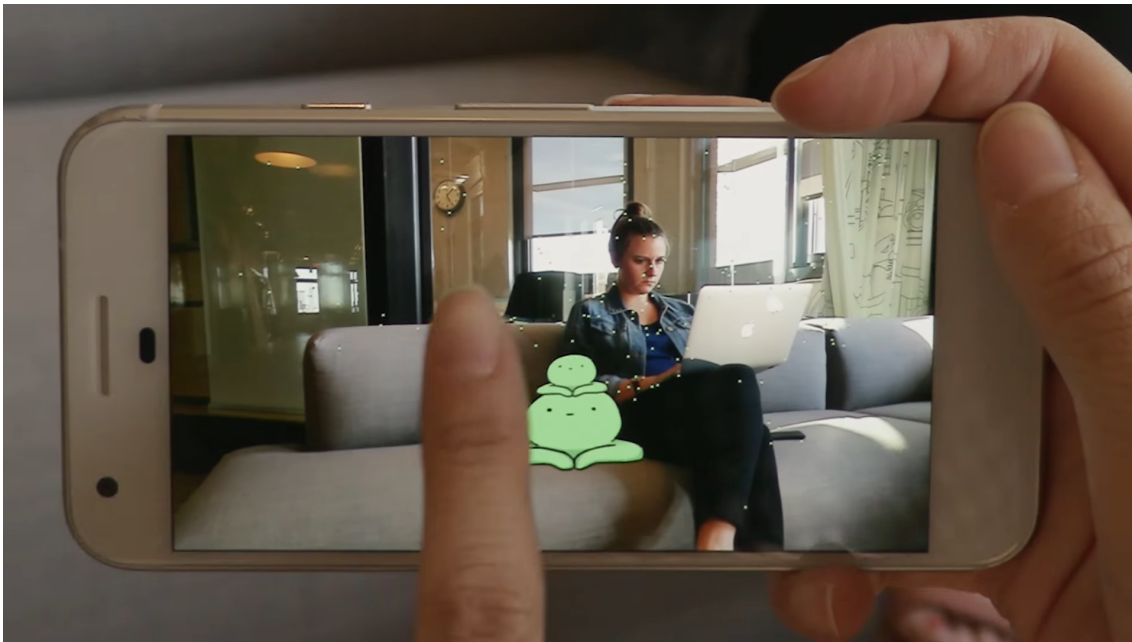


Figura 2.7: Aplicação ARCore num telemóvel (Google, Hidden-World, 2019)

### 2.1.3.3 Spatial

Ecrãs deste tipo separam a tecnologia de exibição do utilizador e integram-na no ambiente. Geralmente faz uso de um projetor que torna uma sala ou uma zona num ambiente interativo. Comparativamente aos HMD este traz inúmeras vantagens tal como resolver os problemas de qualidade visual, como a resolução dos objetos e campo de visão

do utilizador, problemas associados ao *tracking* e iluminação e resolve também as dificuldades que carregar um HMD comporta (Bimber & Raskar, 2006).

#### 2.1.3.4 Video see-through display

Em Vídeo *See-Through*, conseguimos visualizar uma transmissão de vídeo em tempo real através de um ecrã onde os elementos virtualizados são adicionados. Podemos ver parte da interação deste tipo de ecrãs com o olho humano na Figura 2.8 a) e na b) uma imagem de um utilizador a experimentar um dispositivo com estas características. Este tipo de ecrãs tem como vantagens a possibilidade de experienciar algo remotamente tal como ver em primeira pessoa um local ou o progresso de um robot enviado para completar uma tarefa, ou então em ver a realidade de uma forma que os nossos olhos não nos permitem, tal como introduzir um filtro de visão noturna ou imagem térmica (Bimber & Raskar, 2007).

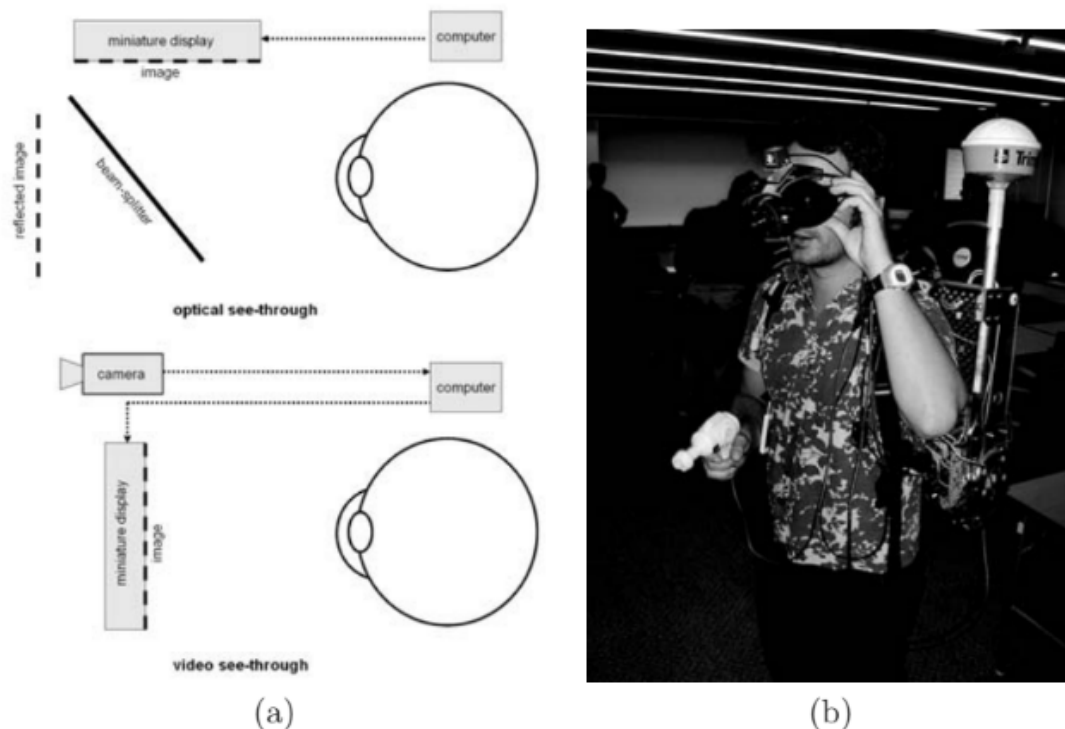


Figura 2.8: a) Representação de um ecrã optical see-through em cima e de um vídeo see-through em baixo; b) utilizador a usar um HMD vídeo see-through (Bimber & Raskar, 2007)

Em vídeo *see-through* vai sempre existir uma latência associada, no entanto e mais fácil de coordenar está latência entre o vídeo e os gráficos gerados por computador que geram uma experiência mais suave, no entanto a qualidade da imagem nunca vai ser tão boa como a do olho humano e aliado à dimensão do vídeo não corresponder à visão periférica humana pode-se tornar mais desconfortável e até induzir em náuseas. (Bimber & Raskar, 2006).

#### 2.1.3.5 Optical see-through display

Os dispositivos com ecrã *optical see-through* combinam imagens, objetos ou texto gerados por computador com a visão do mundo real geralmente através de um espelho semitransparente. É possível ter uma noção de um dispositivo com um ecrã deste tipo tal como o que um utilizador consegue ver na Figura 2.9.

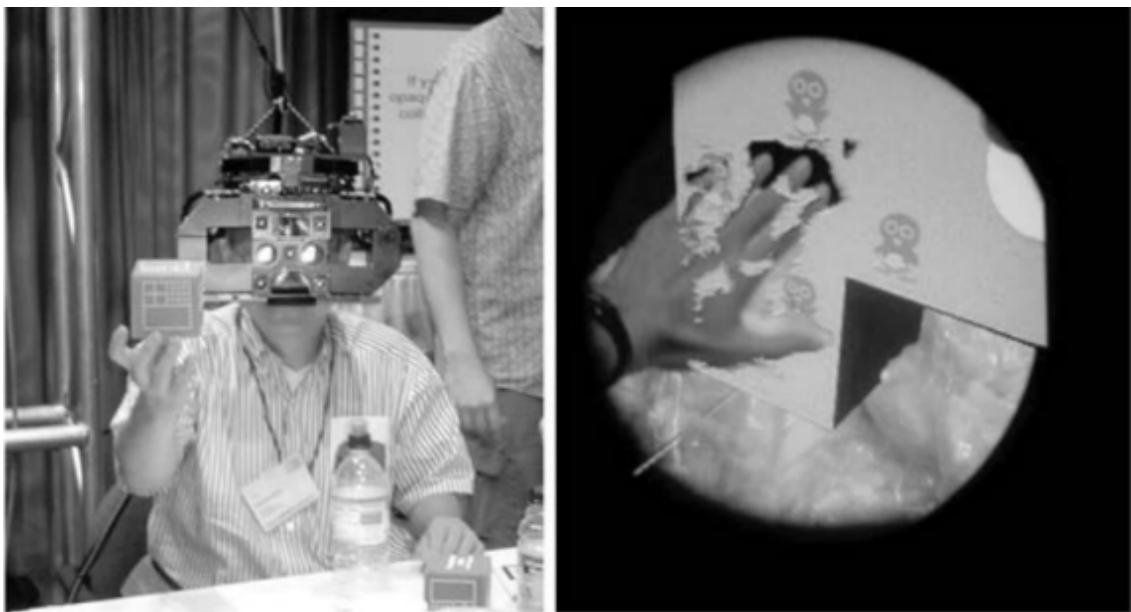


Figura 2.9: Um ecrã optical *see-through* (Bimber & Raskar, 2007)

Os dispositivos *optical see-through* oferecem uma qualidade alta e latência praticamente nula, no entanto pode existir uma falta de sincronismo entre os gráficos e a realidade devido à dificuldade em alinhar os objetos reais e virtuais o que pode causar alguma distração. Também é mais dispendiosa a nível de processamento pois tem que fazer um *tracking* contínuo, difícil e preciso. O próprio utilizador encontra algumas dificuldades devido a ter que variar o foco dos seus olhos entre o mundo real e os objetos

virtualizados que geralmente estarão a profundidades diferentes. Estes requerem que haja uma prévia calibração (Bimber & Raskar, 2006).

#### **2.1.3.6 Projective**

Estes tipos de ecrãs oferecem-se como uma boa alternativa pois não requerem que os utilizadores usem nenhum tipo de equipamento.

Esta visualização de realidade aumentada coloca imagens virtuais diretamente na superfície de objetos físicos de interesse (Billinghurst, Clark, & Lee, 2015). Para além de registarem a posição do utilizador permitem também interagir com as imagens virtuais na superfície do objeto.

Têm havido esforços no sentido de tornar esta tecnologia mais portátil e poder ser transportado pelo utilizador na mão ou na cabeça. No entanto, esta está limitada a ambientes em que a luz tem de ser controlada, têm de haver superfícies para poderem ser projetadas e está suscetível a dificuldades criadas pelas sombras dos utilizadores (Bimber & Raskar, 2006).

#### **2.1.3.7 Eye multiplexed**

A técnica de *eye multiplexed* não apresenta um tipo de ecrã novo, apenas regista o ambiente virtual no ambiente físico e o ecrã mostra a mesma visão física que o utilizador está a ver, Figura 2.10. No entanto a imagem renderizada não é composta com a visão do mundo real sendo que tem de ser o utilizador a combinar as duas na sua mente. Para facilitar o esforço mental é necessário colocar os ecrãs perto do olho e que estes sigam a visão do utilizador para dar a impressão que a cena virtual está no mundo real (Billinghurst, Clark, & Lee, 2015).

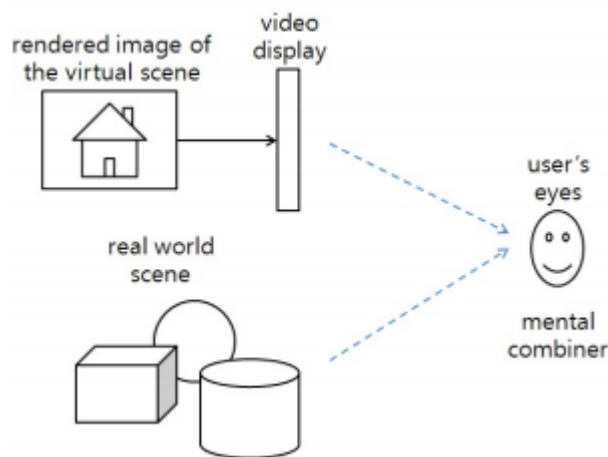


Figura 2.10: Estrutura de um “Eye Multiplexed Display” (Billinghurst, Clark, & Lee, 2015)

## 2.2 Técnicas de visualização *off-screen*

Para que os utilizadores encontrem com sucesso os pontos de interesse é necessário que a forma de interação com os mesmos seja eficaz e que os utilizadores consigam de forma rápida perceber como podem chegar ao ponto que lhes interessa. Apesar de algumas delas serem transversais, existem algumas que podem produzir resultados superiores em determinados tipos de dispositivos e por isso é sempre necessário ter em conta as implementações realizadas da técnica.

As aplicações de realidade aumentada apesar de terem um elevado potencial a transmitir informações pecam muitas vezes na parte de informação na área *off-screen*.

Nesta secção são apresentadas as várias técnicas de visualização e as abordagens realizadas às mesmas.

### 2.2.1 Halo

A técnica de Halo foi apresentada em 2003 para representação em mapas 2D (Baudisch & Rosenholtz, 2003). A técnica de Halo consiste num círculo em que o ponto de interesse está no centro e que o seu tamanho varia consoante a distância a que se encontra do observador. Estes círculos são representados nas extremidades do ecrã do dispositivo como observado na Figura 2.11 d) (Baudisch & Rosenholtz, 2003). Foi



inicialmente desenvolvida para representação 2D em mapas e adaptada mais recentemente para realidade aumentada em Halo 3D.

Esta técnica foi implementada em Beyond Halo and Wedge (Gruenefeld, Ali, Boll, & Heuten, 2018) e nas implementações de HaloAR e HaloVR expandiram a forma como os círculos representam objetos para poderem representar objetos que estivessem a mais de 90°. As conclusões relativamente a este estudo estão apresentadas na secção anterior.

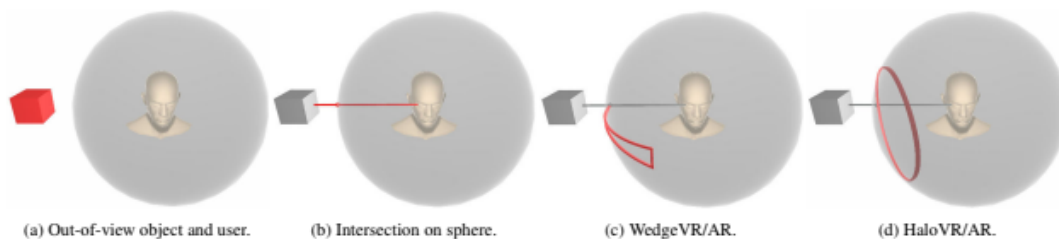


Figura 2.11: Representação das técnicas de Wedge e Halo em VR/AR (Gruenefeld, Ali, Boll, & Heuten, 2018)

### 2.2.2 Wedge

Wedge é uma técnica apresentada em 2008 e desenvolvida inicialmente para mapas em 2D que tenta resolver este problema evitando ao máximo obstruir o ecrã (Gustafson, Baudisch, Gutwin, & Irani, 2008).

A técnica de Wedge consiste num triângulo isósceles, Figura 2.11 c), em que a base tem diferentes tamanhos consoante a distância do ponto e encontra-se sempre visível e o último vértice aponta para o local onde o ponto de interesse está. Estes triângulos evitam sobreposições rodando entre eles até que todos estejam posicionados seguindo todas as regras (Gruenefeld, Ali, Boll, & Heuten, 2018).

Em “Beyond Halo and Wedge” (Gruenefeld, Ali, Boll, & Heuten, 2018) foram comparadas as técnicas de Wedge e Halo tanto em realidade aumentada como em realidade virtual para *Microsoft HoloLens*, de forma a perceber se alguma poderia ganhar algum destaque face a tempo de pesquisa e diminuição da taxa de erros na estimação da distância do objeto. Para os testes foram necessárias algumas modificações. Em WedgeAR e WedgeVR foi retirada a possibilidade de os triângulos se ordenarem para

arranjar espaço uns para os outros de modo a evitar saltos com os movimentos de cabeça do utilizador, o que causava a perda de noção da posição do objeto que procuravam.

Conclui-se deste estudo que ambas as técnicas tiveram resultados aceitáveis e semelhantes e interpretam os ligeiros melhores resultados por parte do Halo face ao Wedge pela melhor facilidade de perceber a posição dos objetos. Devido ao reduzido campo de visão por parte do *Hololens* existe uma considerável sobreposição de pistas que pode ter afetado mais o tempo de pesquisa em Halo sendo a técnica de Wedge a favorita neste parâmetro. Outros pontos importantes apontados pelos autores é a necessidade de fazer uma introdução gradual dos pontos da visualização *off-screen* para o ecrã, limitar o número de objetos e tentar torná-los fáceis de distinguir uns dos outros quando se encontram relativamente aglomerados para evitar escolhas incorretas. Dependendo do caso de uso, se possível, deve ser levado o utilizador numa navegação sequencial para evitar erros. Comparadas as técnicas em realidade aumentada e em realidade virtual, comprovaram também que as implementações em realidade virtual produziram melhores resultados a estimar ângulos pequenos. No geral ambas são válidas e possíveis de produzir bons resultados.

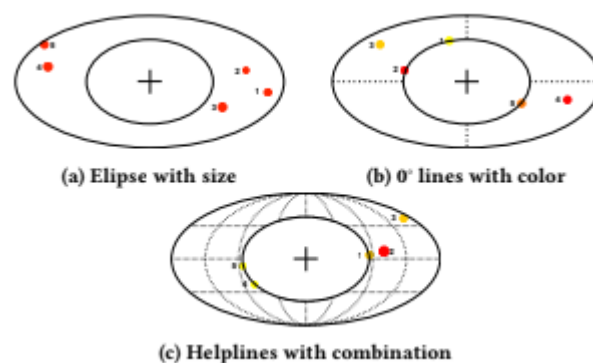
### **2.2.3 Técnicas baseadas em pontos**

As técnicas descritas nesta secção baseiam-se numa abordagem em representar os locais de interesse por pontos de diversas formas.

RadialLight (Gruenefeld, Stratman, Ali, Boll, & Heuten, 2018) é uma técnica desenvolvida para Google Cardboard, em realidade virtual onde este foi modificado sendo adicionados 18 LED's RGB posicionados radialmente. O objetivo desta técnica foi perceber como a existência de luzes como pistas visuais podem ser benéficos na perceção de um objeto que se encontra *off-screen* e como as diferentes cores podem influenciar de forma diferente a resposta do utilizador. Foram testadas várias cores, mas o azul teve a menor taxa de erro apesar dos resultados semelhantes. Os autores notaram também que não havia diferença entre ter os leds acesos apenas num olho ou nos dois.

Relativamente ao estudo, foi desenvolvido com dois cenários diferentes, um na ponte de um barco e outro no cockpit de um carro. Apesar das diferenças dos cenários relativamente a cores e complexidade visual a estimativa de distância/direção por parte dos utilizadores não foi afetada. No entanto o tempo de pesquisa no cenário do carro em andamento que proporcionava mais distrações, o tempo de pesquisa do objeto em questão foi maior.

EyeSee360 (Gruenefeld, Ennenga, Ali, Heuten, & Boll, 2017) foi uma técnica desenvolvida em realidade virtual, apenas para abstrair o estudo de fatores externos, tendo em conta os métodos mais usuais na tentativa de resolução do problema da visualização *off-screen*, tanto em 2D como em 3D. Esta técnica passou por uma longa fase de prototipagem de modo a desenvolver a forma mais eficiente para o olho humano e o cérebro detetarem mais rapidamente os pontos chegando a várias formas de representação passíveis de serem observadas na Figura 2.12.



A avaliação desta técnica permitiu concluir que apresenta resultados bastante superiores às técnicas de Arrow e Wedge mas nada puderam concluir relativamente à de Halo. Um ponto importante a reter foi que é extremamente mais vantajoso a utilização de um ambiente de 180° a um de 360° devido à dificuldade existente para estimar uma maior área espacial.

A técnica EyeSee360 tem sido utilizada nos últimos anos como base de diversas experiências devido ao grande sucesso da mesma e da abrangência do seu estudo (Gruenefeld, Ennenga, Ali, Heuten, & Boll, 2017).



Figura 2.13: Letra vs. Palavra (Gruenefeld, Löcken, Brueck, Boll, & Heuten, 2018)

Por isto mesmo em "Where to Look: Exploring Peripheral Cues for Shifting Attention to Spatially Distributed Out-of-View Objects" (Gruenefeld, Löcken, Brueck, Boll, & Heuten, 2018) os autores utilizaram esta técnica e aplicaram melhorias de forma a obter os melhores resultados. Para isto, tentaram perceber como alterar a representação dos pontos, tal como adicionar-lhes uma legenda ou animar os pontos de modo a melhorar a técnica.

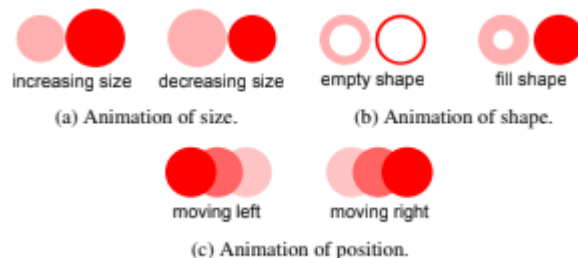


Figura 2.14: Animações Testadas (Gruenefeld, Löcken, Brueck, Boll, & Heuten, 2018)

Para tal, foram testadas várias combinações, observáveis na Figura 2.13 e na Figura 2.14 de palavra/letra e mudança de tamanho/posição/forma. Sem animação a combinação forma+palavra obteve os melhores resultados e com animação posição+palavra obteve os melhores resultados. Os utilizadores preferiram palavra e apesar de existir uma maior taxa de erro em palavra isto deve-se maioritariamente a uma sobreposição das palavras. Os

autores concluíram que conseguirem ganhar a atenção dos utilizadores não era suficiente para garantir que eles percebam do que se trata e por isso são necessários mais estudos sobre o assunto.

Posteriormente houve um novo estudo denominado “EyeSeeX: Visualization of Out-of-View Objects on SmallField-of-View Augmented and Virtual Reality Devices” (Gruenefeld, Hsiao, & Heuten, 2018) que estende a técnica EyeSee360 para realidade aumentada e simplifica e remove um pouco de informação do ecrã para ajudar o utilizador.

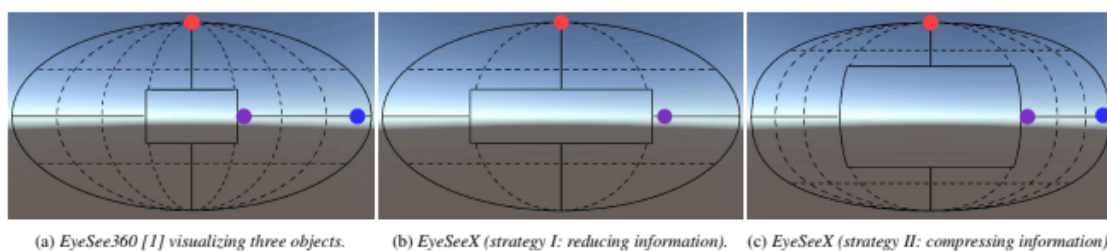


Figura 2.15: Representações em EyeSeeX (Gruenefeld, Hsiao, & Heuten, EyeSeeX, 2018)

Para isto desenvolveram duas técnicas de compressão, demonstradas na Figura 2.15, que podem causar algumas dificuldades na perceção da distância dos objetos, mas que simplifica o campo de visão do utilizador. Uma delas, *root* em que os eixos são cada vez mais comprimidos perto dos limites do ecrã e a *maximum* em que a compressão elimina um dos eixos por completo. Esta técnica foi desenvolvida com o propósito de estender e melhorar o uso da técnica de realidade aumentada para realidade virtual e realidade mista.

Mais recentemente, em 2019, foi realizado um estudo de avaliação do EyeSee360. Desenvolveram uma técnica, 3D Radar (Lange, et al., 2019), também desenvolvida para o ambiente de realidade virtual que consiste na criação de um radar circular em redor do utilizador onde os POI são dispostos numa zona tridimensional. Foram realizados uma série de testes com geração de diversos tipos de movimento. Esta técnica conseguiu obter melhores resultados em todos os tipos de movimentação de objetos (linear, distância e orbital observáveis na Figura 2.16) quando comparada ao EyeSee360 a nível de rotação efetuada.

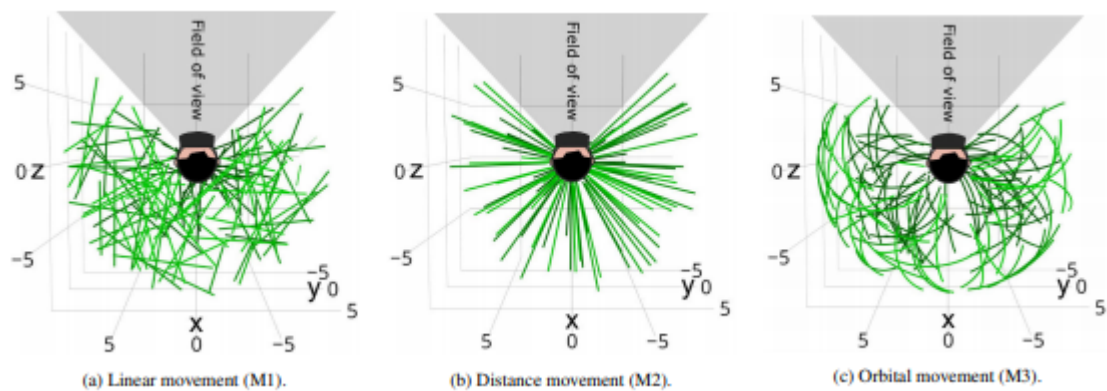


Figura 2.16: Representação dos tipos de movimentação em Radar3D

Apresenta-se como uma grande vantagem desta técnica a possibilidade de incorporar muito mais informação sobre a orientação e tamanhos de objetos fora do campo de visão.

Scenariot (Huo, et al., 2018) foi desenvolvido de forma a controlar dispositivos IoT através de realidade aumentada e de forma a saber a localização de outros aparelhos dentro de casa. Este suporta apenas 10 dispositivos, mas com resultados prometedores.

Nunca saindo da visão de realidade aumentada podemos controlar os dispositivos que se encontrem no nosso campo de visão e os outros com um certo grau de proximidade são mostrados com ícones nas margens do ecrã e alguns revelando informação considerada importante, tal como se pode observar na Figura 2.17. Neste caso os equipamentos foram equipados com tecnologia própria para que pudessem ser descobertos pelo dispositivo móvel. Ao entrar numa nova divisão o dispositivo móvel envia um sinal de *broadcast* para encontrar os dispositivos IoT e representá-los no ecrã.

Esta técnica requer, no entanto, que todos os dispositivos envolvidos estejam conectados a uma mesma rede.

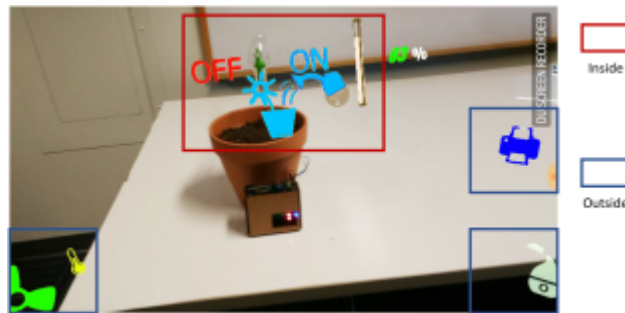


Figura 2.17: Imagem do ecrã utilizando este sistema com retângulos coloridos para simbolizar se está dentro (vermelho) ou fora do campo de visão (azul) (Huo, et al., 2018)

Este sistema está a ser desenvolvido para perceber novas e melhores formas de incorporar equipamentos que não estejam diretamente ligados à mesma rede ou que a sua distância não consiga ser estimada de uma forma tão precisa. Os autores deixam também a indicação de se melhorar um pouco mais os algoritmos de forma a ter uma localização ainda mais precisa. Esta técnica apesar de não apresentar novos mecanismos de visualização *off-screen* dá um primeiro passo para a incorporação de dispositivos IoT neste tema.

#### 2.2.4 Técnicas baseadas em setas

As técnicas baseadas em setas usam tal como o nome refere uma ou mais setas para indicar a direção dos pontos. Estas podem ter tamanhos e espessuras distintas para mostrar diferença de distâncias.

FlyingARrow (Gruenefeld, Lange, Hammer, Boll, & Heuten, 2018), uma aplicação desenvolvida para Microsoft HoloLens, aborda o problema de visualização de pontos de interesse em realidade aumentada fora do campo de visão de forma a envolver dois sentidos, a visão e audição. De forma a assistir o utilizador a encontrar o ponto de interesse, este emite um som posicional que permite ao utilizador encontrar o ponto mais facilmente aliado à utilização de uma seta que aponta para o local correto. Esta técnica

apesar de reduzir a carga cognitiva do utilizador e a informação visual apresentada no ecrã, não consegue obter melhores resultados que a técnica base de comparação EyeSee360 relativamente a estimar a posição do ponto e a sua distância.

### 2.2.5 Técnicas com recurso a mapas

No InterestAR(IAR) (Silva, 2016) faz-se uso de uma moldura, visível na Figura 2.18, onde se colocam os símbolos que representam pontos de interesse fora do campo de visão do utilizador.

Neste trabalho foram testadas de forma incremental as diferentes características que compõem a técnica de visualização proposta: apenas RA a ocupar todo o ecrã; RA mais pista para *off-screen* colocadas numa moldura que cerca o ecrã (RA + *off-screen*); RA + *off-screen* mais agregação dos símbolos em que ocorrem sobreposições (RA + *off-screen* + agregação); adição de uma vista de com um mapa em alternativa à vista de RA + *off-screen* + agregação quando o utilizador seleciona esta opção (RA + *off-screen* + agregação + mapa); e finalmente a versão IAR com a adição de um radar à vista do mapa da versão (RA + *off-screen* + agregação + mapa). Este projeto apresenta-se como uma base para o futuro e os resultados concluíram que todas as versões testadas conseguiam direccionar os utilizadores com sucesso para os POI. A versão que conseguiu melhores resultados foi a que englobava todas as características testadas, apesar de algumas dificuldades na transição entre o mapa com radar e a realidade aumentada.





Figura 2.18: Representação da técnica com realidade aumentada e moldura (Silva, 2016)

ARWithMaps (Melo, 2018), estende-se o trabalho anterior juntando duas técnicas diferentes de visualização de objetos *off-screen* em RA: uma junta um mini mapa à visualização em RA e a outra junta um radar à visualização em RA. Explicam-se em seguida as 3 abordagens diferentes propostas nesse trabalho para a visualização de objetos *off-screen*.

A primeira abordagem adapta a técnica IAR, passando automaticamente para a vista com mapa, quando o telemóvel se encontra paralelo ao chão, e mudando para RA com moldura para objetos *off-screen*, quando a inclinação do telemóvel muda (Figura 2.19).

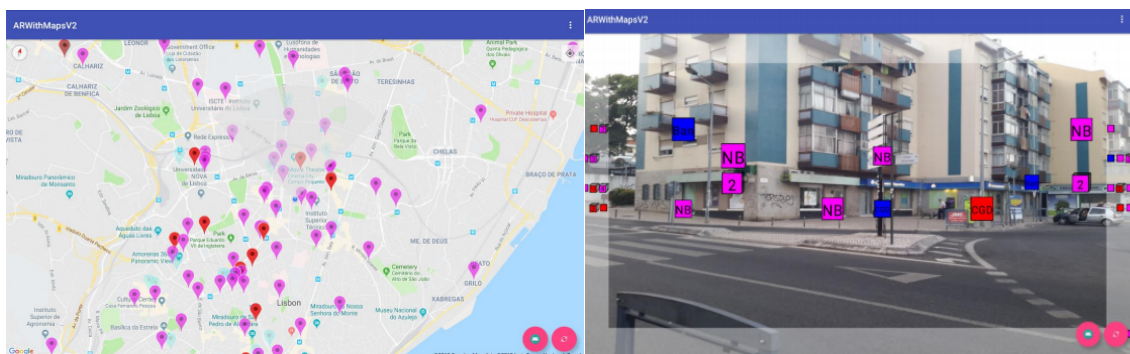


Figura 2.19: ARWithMaps com vista Mapa 2D (esquerda) e vista RA (direita) (Melo, 2018)

Na segunda abordagem, que pode ser vista na Figura 2.20, o utilizador está sempre em realidade aumentada e tem presente no ecrã um mini mapa com as ruas e todos os detalhes de um mapa mais os pontos de interesse. O mapa efetua a rotação à medida que o utilizador muda a sua orientação, mas o cone de visão do utilizador mantém-se sempre estático apontado para cima de forma a reduzir a carga cognitiva do utilizador.



Figura 2.20: ARWithMaps com Mini Mapa (Melo, 2018)

A terceira abordagem, visível na Figura 2.21 que é muito semelhante à anterior sendo utilizado um radar em vez do mini mapa e apenas são mostrados os pontos de interesse sem informação relativa ao mapa.



Figura 2.21: ARWithMaps com Radar (Melo, 2018)

## 2.3 Conclusão

Neste capítulo foi possível perceber como existem abordagens tão diversas para este problema e como as agrupámos em 5 grupos: Halo, Wedge, técnicas baseadas em pontos, técnicas baseadas em setas e técnicas com recursos a mapas.

Contudo, é ainda fundamental fazer uma comparação entre as diversas técnicas existentes, de modo a identificar as vantagens e desvantagens de cada uma delas, e propor uma solução que permita melhorar as já existentes.

## Capítulo 3

### ARWithMaps

ARWithMaps (ARWM) é uma aplicação desenvolvida para Android, para a qual foram desenvolvidas diversas técnicas de visualização de pontos de interesse (POI) *off-screen* em RA. Estas técnicas foram elaboradas de forma a incluírem mapas para auxiliar a descoberta da localização dos POI. O seu objetivo é auxiliar os utilizadores, recorrendo à realidade aumentada, a perceber os pontos de interesse existentes no seu campo de visão e que existem mais pontos de interesse nas suas imediações.

O desenvolvimento da aplicação foi baseado na solução IAR proposta por (Silva, 2016), que foi posteriormente estendida e melhorada por (Melo, 2018). Foi desenvolvida uma nova forma de visualização semelhante à técnica que possui uma moldura para representar pontos *off-screen* e que também faz uso de mapas.

Neste capítulo é descrita a organização da aplicação, os seus vários componentes e as várias técnicas que compõem a aplicação.

#### 3.1 Modelo de dados

Os dados utilizados dizem respeito à localização das caixas multibanco pertencentes a 3 entidades bancárias portuguesas, Caixa Geral de Depósitos, Novo Banco e Banif. Como este projeto é uma continuação de trabalhos anteriores, o modelo de dados não sofreu qualquer alteração. Assim, o uso de SQLite como sistema de gestão bases de dados mantém-se devido à sua facilidade de uso e versatilidade relativamente à utilização de diferentes bases de dados.

O modelo de dados é constituído por uma única entidade que representa a posição de uma entidade bancária e os seus atributos podem ser observados na Tabela 3.1.

id	name	type	obrigatorio	pk
0	PKUID	INTEGER	1	1
1	Longitude	NUMERIC(8,5)	1	0
2	Latitude	NUMERIC(9,5)	1	0
3	Entidade_Bancaria	VARCHAR(4)	1	0
4	Morada	VARCHAR(83)	0	0
5	Contacto	VARCHAR(15)	0	0
6	Relevancia	INTEGER	1	0
7	Altitude	INTEGER	1	0

Tabela 3.1 Modelo de dados que representa cada POI

A “latitude” e a “longitude” representam as coordenadas dos pontos, a “Relevância”, a importância do ponto, a “Altitude” representa a altitude do ponto no mapa e a “Entidade Bancaria” representa a instituição a qual esse ponto pertence.

## 3.2 Simbologia

A simbologia usada para representar os POI tem algumas variações ao longo das técnicas. Relativamente à realidade aumentada a simbologia usada são quadrados, em mapas são utilizados círculos devido à familiaridade dos utilizadores com representações semelhantes noutras aplicações. A cor utilizada corresponde à relevância dos POI como se explica na secção seguinte.

Para a representação em realidade aumentada são utilizados quadrados, que contêm no seu interior uma abreviatura do nome da caixa multibanco a que pertencem, que podem ser desenhados no dispositivo em cada secção, que representa uma zona do espaço ao redor do utilizador, e que podem ter uma noção de profundidade assemelhando-se a cubos representando assim a existência de um aglomerado de pontos nessa secção da representação. No caso da representação se tratar de um grupo de pontos no seu interior é apresentado o número de pontos nessa secção em vez do nome da dependência.

### 3.3 Relevância

As caixas multibanco são representadas por 3 cores diferentes seguindo a abordagem de Quente-Frio associadas a um nível de transparência, sendo que para cada nível de relevância é-lhe atribuída um valor de transparência dentro dos limites pré-definidos consoante a distância a que se encontra do utilizador, com base no HaloDot (Gonçalves, Paula Afonso, Carmo, & Pombinho, 2011) e portado para o IAR (Silva, 2016).

As cores relativamente à relevância são distribuídas da seguinte forma:

- Vermelho (cor quente) – Representa POI com maior relevância;
- Magenta (cor intermédia) – Representa POI com relevância intermédia;
- Azul (cor fria) – Representa POI com menor relevância.

Para cada nível de relevância é-lhe atribuído um grupo de valores possíveis para a transparência de forma a que mesmo que um ponto de elevada relevância esteja mais longe que um de média ou baixa relevância, o ponto de elevada relevância, que é o foco de interesse, será sempre menos transparente que os demais. Relativamente à transparência a distribuição é representada na Tabela 3.2.

RELEVÂNCIA	COR	TRANSPARÊNCIA
<b>ALTA</b>	Vermelho	[190; 255]
<b>MÉDIA</b>	Magenta	[64; 189]
<b>BAIXA</b>	Azul	[0; 63]

Tabela 3.2 Relação entre relevância e transparência

Estas decisões mantiveram-se neste protótipo devido ao sucesso demonstrado em IAR e na versão anterior de ARWM em todas as situações testadas.

A relevância quer na vista de RA ou no mapa é representada pelas propriedades de cor e transparência. Os dados referentes à relevância são carregados para a aplicação através da BD e são fornecidos pela coluna “Relevância” representada na Tabela 3.3. Para

representar a cor da relevância foram atribuídos os valores 1, 2 e 3 de acordo com a relevância do POI em questão. A Tabela 3.3 mostra a relação entre a cor e o valor atribuído em que o número 1 corresponde à cor vermelha (elevada relevância), o número 2 à cor magenta (média relevância), e por fim, o número 3 corresponde à cor azul (baixa relevância).

VALOR DE RELEVÂNCIA	COR	COR RGB
<b>1 (ALTA)</b>	Vermelho	(255,0,0)
<b>2 (MÉDIA)</b>	Magenta	(255,0,255)
<b>3 (BAIXA)</b>	Azul	(0,0,255)

Tabela 3.3 Representação da cor da relevância de acordo com o valor atribuído

Como já foi referido, apesar da cor não se alterar ao longo do tempo, o mesmo não acontece para a transparência. À medida que o utilizador se desloca, os POI podem ficar mais ou menos transparentes consoante a distância a que estes se encontram do utilizador.

Assim, de forma a calcular a transparência foi utilizada a equação apresentada na Equação 1 proposta por (Silva, 2016) que permite calcular o valor da transparência em função de uma distância  $d$  e relevância  $r$ , dentro dos limites máximo e mínimo para cada um valor da relevância sobre um raio de pesquisa  $r$  do POI em relação à posição do utilizador.

$$f(r, d) = \left( \frac{t_{\max}(r) - t_{\min}(r)}{r_{\text{pesquisa}}} \right) * d + t_{\min}(r) \in [0,255]$$

Equação 1 Fórmula do cálculo da transparência de POI em relação à distância e relevância (Silva, 2016)

Desta forma, os POI representados na vista de RA são desenhados sobre a câmara utilizando o *Canvas*, respeitando assim os passos que determinam a sua relevância e transparências, dando a perceção de distância e relevância.

Para as várias representações de mapa são utilizados sempre pequenos círculos, adicionando a cor com o elemento alfa que determina a transparência.

### **3.4 Agregação**

Na visualização em RA existe a possibilidade de representação de agregação que ocorre quando 2 ou mais pontos se localizarem muito próximos uns dos outros e gerarem símbolos que se sobrepõem. À volta do utilizador é definida uma grelha esférica cujas células são construídas dividindo o espaço que rodeia o utilizador em sectores circulares de igual amplitude quer na vertical, quer na horizontal (Silva, 2016). Todos os POI que estejam na mesma célula vão ser representadas pelo mesmo símbolo que terá a cor do ponto mais relevante nesse intervalo, o número de pontos existentes e a transparência correspondente. Caso um ponto que possua agregação seja selecionado este vai-se dividir sendo representado no local mais perto onde exista espaço para o colocar sem perturbar outros pontos já existentes. Após uma mudança de orientação estes voltam a agrupar-se e ficam representados como no seu estado inicial.

### **3.5 Técnicas de visualização**

Foram desenvolvidas 4 técnicas de visualização para representação de pontos *on-screen* e *off-screen* enquadrando-se duas delas na categoria de RA+Moldura, uma terceira com RA+Mini Mapa e uma quarta RA+Radar.

#### **3.5.1 RA com moldura (quadrados) + mapa**

A técnica de RA com Moldura (Quadrados) + Mapa consiste numa visualização em realidade aumentada na qual os pontos *on-screen* são apresentados de acordo com as características de relevância e transparência definidas anteriormente. Adicionalmente estes pontos de interesse também possuem tamanhos distintos, sendo a representação de



tamanho mais reduzido quanto mais distante o utilizador se encontrar do ponto de interesse. Todas estas condições aplicadas em simultâneo vão ao encontro de permitir ao utilizador ter um foco de atenção maior nos pontos de interesse mais relevantes e mais perto, reduzindo desta forma as distrações.

Uma moldura colocada junto aos limites do ecrã e dividida no seu interior em 3 linhas, no caso de se tratar da margem superior ou inferior do dispositivo, ou colunas no caso de se tratar das margens verticais, esquerda e direita da moldura na qual os pontos *off-screen* são representados Figura 3.1. Nos cantos da moldura onde existe a intersecção das margens verticais e horizontais, existem, portanto, 9 divisões possíveis para os POI *off-screen*. Cada uma destas secções está delimitada por um ângulo de 15°. Cada lado da moldura mostra cada uma das direcções onde o POI *off-screen* se pode encontrar. Com estas condições os pontos de interesse quando entram em representação *off-screen* mantêm as noções de posição, através da orientação e altura relativamente ao utilizador. Desta forma permite ao utilizador ter uma noção mais precisa da localização do POI e uma transição mais natural entre um ponto *off-screen* para um *on-screen*.

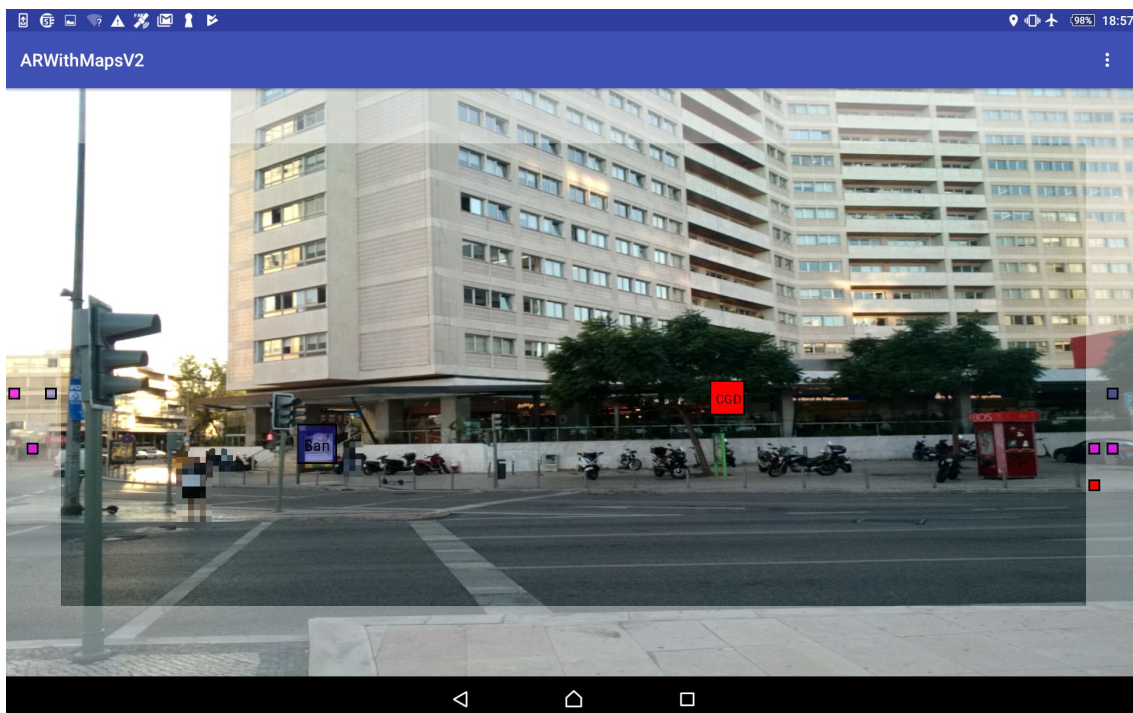


Figura 3.1 Representação da vista de RA com moldura com quadrados

Neste técnica, quando o utilizador inclina o tablet para um valor inferior a  $15^\circ$  surge um mapa em 2D, que pode ser observado na Figura 3.3, que possui todos os pontos de interesse e que permite ao utilizador ter uma visão mais objetiva e precisa da localização dos POI relativamente à sua posição geográfica e orientação. A passagem da visualização em realidade aumentada para a visualização do mapa ocorre quando a inclinação do dispositivo atinge um valor inferior a  $15^\circ$  no eixo dos xx (*pitch*), representado na Figura 3.2 e volta à vista de realidade aumentada no momento que esta atinja um valor igual ou superior a  $15^\circ$ . Esta escolha foi apoiada pelo facto de na utilização comum dos dispositivos móveis estes encontrarem-se maioritariamente com alguma inclinação e raramente paralelos ao chão.

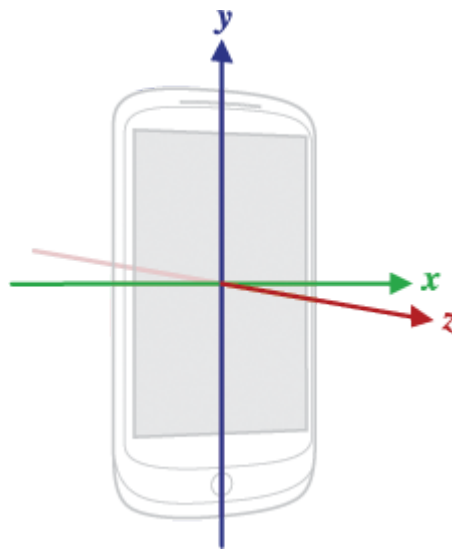


Figura 3.2 Representação dos eixos num dispositivo com Android (Google, SensorEvent | Android Developer, 2019)

Com vista a reduzir carga cognitiva do utilizador o mapa encontra-se sempre alinhado com a orientação do mesmo, ou seja, a orientação do utilizador mantém-se constante, apontando sempre para a parte superior do dispositivo e o mapa é que vai efetuando a rotação por baixo tendo em conta a orientação do utilizador. Este possui ainda um cone de visão de cor cinzenta, observável na Figura 3.3, com transparência aplicada para este ter uma melhor noção de onde se encontra o seu cone de visualização.

A representação destes POI é efetuada por pequenos círculos cuja cor se mantém coerente com a relevância definida anteriormente. A escolha de utilizar círculos ao invés dos tradicionais *pinpoints* comuns em mapas do Google Maps e outras aplicações com recurso a mapas prende-se ao facto de num ecrã com tamanhos reduzidos o *pinpoint*

ocupar mais espaço e em zonas de elevada aglomeração pode tornar a perceção mais complexa e desta forma mantém-se uma coerência em toda a aplicação. Além disto, pontos que se situem na zona inferior do mapa pode apenas ser vista parte da raquete do *pinpoint* o que pode induzir o utilizador em erro.

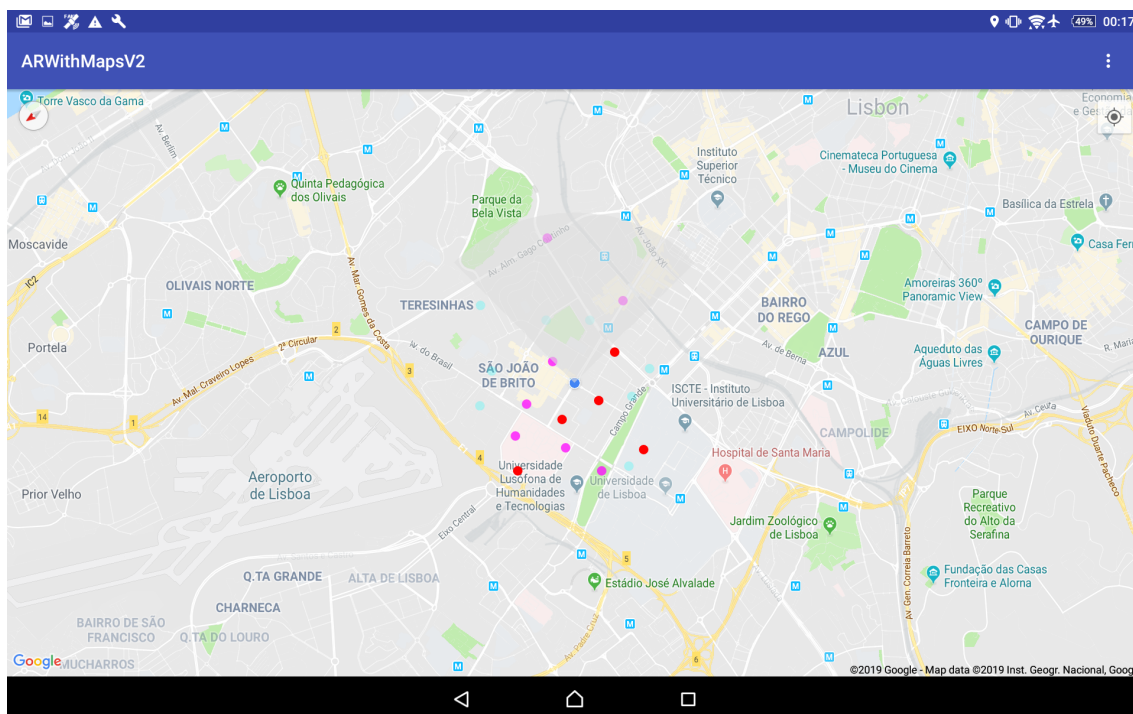


Figura 3.3: Representação da vista do mapa

### 3.5.2 RA com moldura (Setas) + mapa

A técnica de RA com moldura e utilização de setas com mapa surge como uma derivação da técnica mencionada anteriormente. Por isso mesmo no que diz respeito à visualização quer em realidade aumentada quer em mapas não foram efetuadas quaisquer alterações e servem como base às alterações nas pistas sobre objetos *off-screen*.

No entanto na moldura a simbologia sofre uma alteração em comparação à técnica anterior. Deixou de haver a divisão da moldura em linhas e colunas e passa a representar com setas a pista para os pontos de interesse *off-screen* o que permite uma representação maior das setas. Cada seta também possui representado o número de POI que se encontram nessa direção e a cor do ponto de interesse mais relevante na sua agregação (Figura 3.4). Nos cantos da moldura existiam previamente 9 células que são representadas

por uma única seta em cada canto tendo em vista a simplificação e clareza para o utilizador.

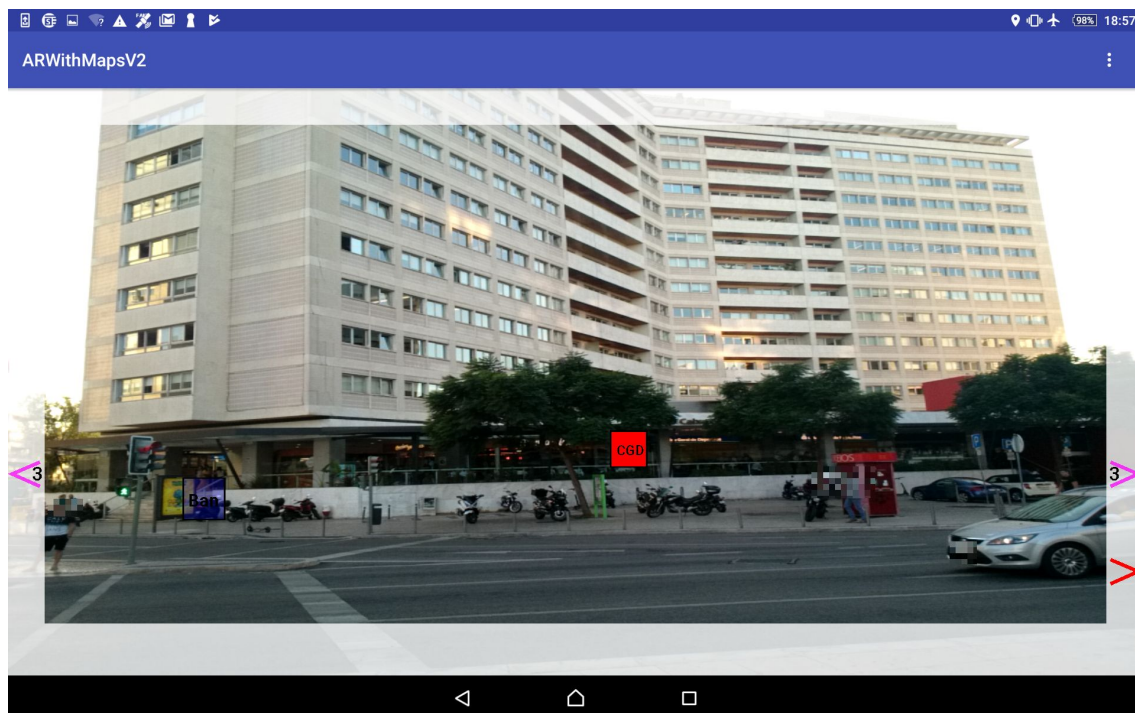


Figura 3.4 Representação da vista RA com moldura com setas

### 3.5.3 RA com mini mapa

A técnica de realidade aumentada com mini mapa é composta por uma única vista ocupada pela visualização em RA em todo o ecrã com um mini mapa sobreposto no canto superior esquerdo Figura 3.5. A simbologia na zona de realidade aumentada manteve-se e a representação em mapa é a mesma usada no mini mapa.

A posição do mini mapa no topo do ecrã permite ao utilizador mantê-lo sempre no seu campo de visão e existe uma semelhança ao geralmente usado em jogos de computador e noutras aplicações semelhantes. Também devido ao generalizado padrão de leitura nos países europeus de cima para baixo e esquerda para a direita, este será o primeiro elemento que o utilizador irá reparar mantendo sempre esta forma de auxílio em mente durante a realização de tarefas.



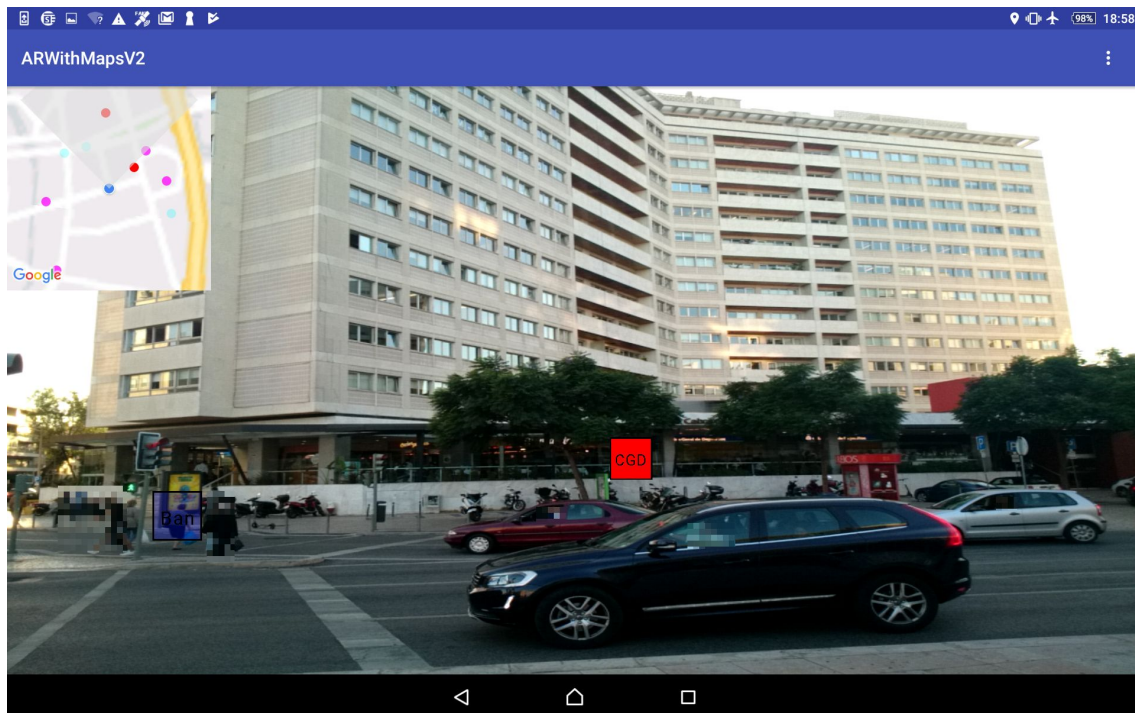


Figura 3.5 Representação da vista RA com mini mapa

Tal como acontece na representação com mapas descrita anteriormente o mapa é rodado quando o utilizador aponta o dispositivo noutra direção, mantendo-se a representação do cone de visão estando a sua representação sempre apontada para cima reduzindo uma vez mais a carga cognitiva do utilizador.

Esta técnica apresenta como grande vantagem mostrar constantemente o mapa com a distribuição dos pontos no mesmo sem ser necessário efetuar mudanças na posição do dispositivo e interrupção da pesquisa em realidade aumentada para obter essa informação.

### 3.5.4 RA com radar

A técnica de realidade aumentada com radar é em tudo semelhante à descrita anteriormente incluindo um radar em vez de um mini mapa, representado na Figura 3.6. Com esta alteração temos uma redução na quantidade de informação disponível, ou seja, foi retirada toda a informação presente usualmente nos mapas (estradas, relevo, entre outros), mantendo apenas o essencial que são os POI e a sua distribuição. No que diz

respeito à simbologia não foi foram efetuadas quaisquer alterações. A posição do radar é igual à do mini mapa pelas mesmas razões invocadas na técnica de RA+mini mapa e no que diz respeito à rotação dos pontos do radar e ao cone de visualização no radar a abordagem manteve-se também igual. Os pontos são colocados no radar seguindo as regras definidas no início sobre cor e transparência consoante a relevância e distância ao utilizador.

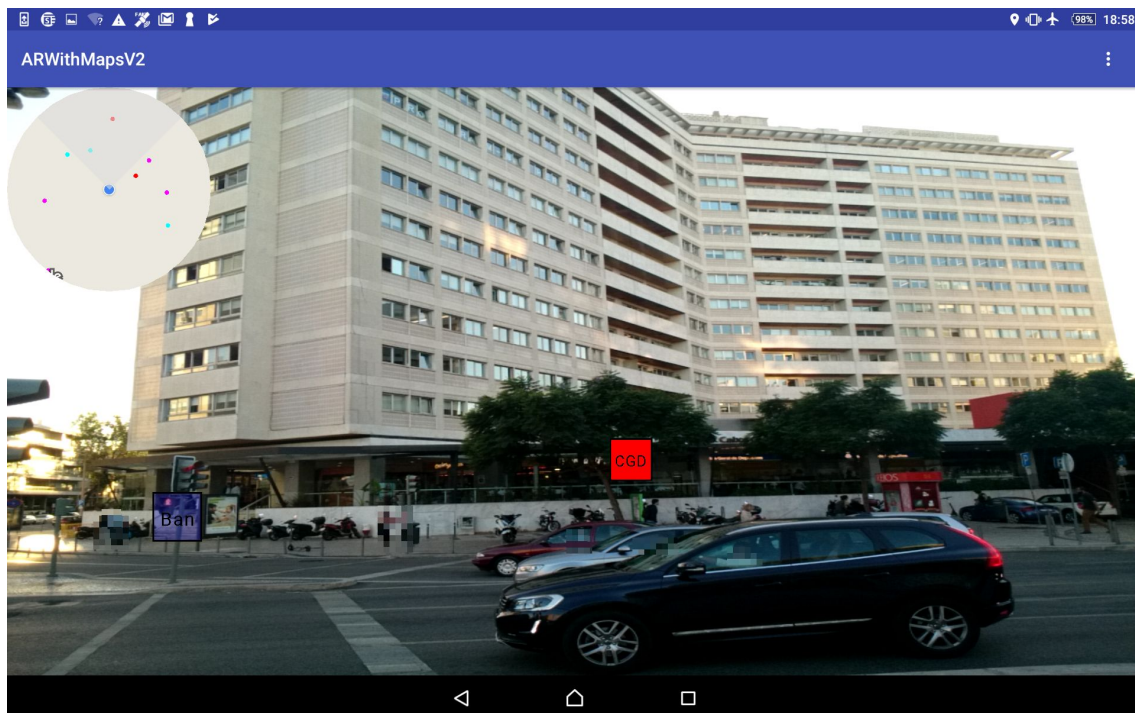


Figura 3.6: Representação da vista RA com radar

## 3.6 Arquitetura e Implementação do ARWM

Nesta secção serão descritos os componentes e módulos da aplicação e quais as decisões tomadas a nível de organização da mesma.

### 3.6.1 Desenho da arquitetura

Esta aplicação foi concebida com a metodologia de programação orientada a objetos e por isso segue uma estrutura modular fazendo claro uso de hierarquias. Esta decisão facilita a reutilização de componentes ao longo de toda a aplicação reduzindo o

tempo de desenvolvimento de novas funcionalidades que se baseiem em trabalho realizado previamente.

Como este projeto apenas se focou em fazer uma extensão do protótipo desenvolvido por (Melo, 2018) em ARWM. Na Figura 3.7 apresenta-se a arquitetura que se manteve sem realizar alterações, apenas algumas classes novas foram adicionadas (*ARArrowsWithBordersFragment*, *PrototypeUtils* e *TopDownArrowsFragment*) de forma a concretizar a nova técnica de visualização e a monitorização de estatísticas.

A aplicação tem como ponto de entrada a classe *MainActivity* que é responsável por inicializar os módulos (*data*, *tracking*) e por efetuar a navegação para os fragmentos e passar os dados dos POI, e sobre a localização e orientação do utilizador através de interfaces para a correta utilização das técnicas. Para ter acesso a esses dados começamos por inicializar o *LocationTracker* e o *OrientationProvider* que vão fornecer periodicamente os dados necessários para obter respetivamente a localização e orientação do utilizador através das interfaces implementadas que são os *listeners*.

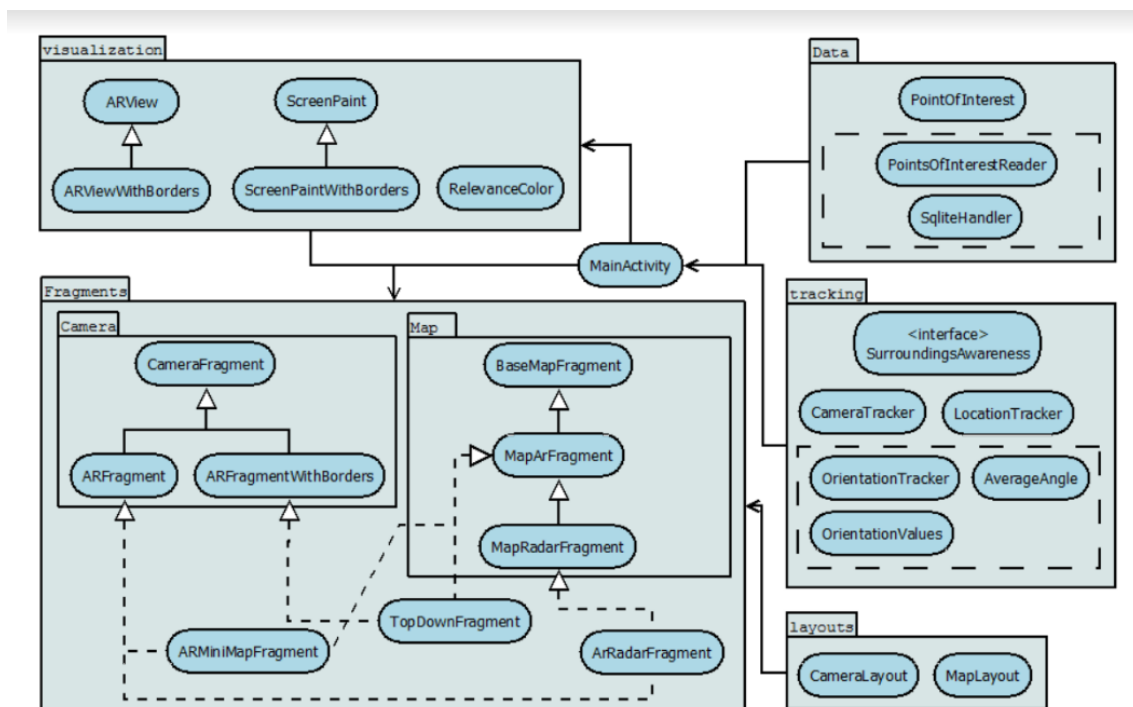


Figura 3.7 Arquitetura do protótipo ARWM (Melo, 2018)

Em seguida a *MainActivity* trata de carregar os dados dos POI, recorrendo ao módulo *data*. O carregamento dos dados acontece uma única vez através da classe *PointsOfInterestReader* quando a aplicação é iniciada. Esta utiliza a classe *SqlHandler* para aceder à base de dados *SQLite* e realizar a leitura da informação. Por sua vez os

dados relativos a cada teste são carregados para a classe que serve de entidade, de forma a melhorar a interação com os dados dos POI. Após a leitura e carregamento dos dados, a classe *MainActivity* fica com uma lista de POI existentes em memória, a fim de serem utilizados nas diferentes técnicas de visualização.

O módulo *visualization* disponibiliza classes que auxiliam o desenho da simbologia na vista de RA. As classes presentes neste módulo são utilizadas no módulo *fragments*, responsável pela representação da interface gráfica.

O módulo *layouts* disponibiliza os *containers* onde o módulo *fragments* irá desenhar a interface para o utilizador.

O módulo *fragments* é responsável pela lógica de negócio e *layouts* de cada umas das diferentes técnicas de visualização através da instanciação do fragmento correspondente.

Assim, de forma a tornar o código reutilizável e ao mesmo tempo facilitar a sua manutenção, o módulo *fragments* é decomposto em dois pequenos submódulos, *Camera* e *Map*.

Começando pelo submódulo *Camera*, este utiliza a câmara do dispositivo móvel para apresentar a imagem do mundo real. O uso da câmara é realizado no fragmento *CameraFragment*, tirando este, partido da classe *CameraTracker* existente no módulo de *tracking*.

Usufruindo da herança em Java, as classes *ARFragment*, *ARFragmentWithBorders* e *ARFragmentArrowsWithBorders* estendem a classe *CameraFragment* para introduzir as técnicas de visualização em realidade aumentada sobrepondo as pistas virtuais à visualização da câmara. A classe *ARFragment* é usada posteriormente em conjunto com o radar e o mini mapa enquanto que as outras duas apesar de serem integradas em técnicas com recurso a mapas apresentam embutidas nelas técnicas de visualização *off-screen* que oferecem pistas para melhorar a pesquisa.

O submódulo *Map* é responsável por fornecer a vista de mapa e radar. Para isso, este módulo utiliza a classe *BaseMapFragment* para instanciar o mapa GoogleMaps.

Esta classe por sua vez é estendida pela classe *MapArFragment*, pois o mapa da classe base mantém-se igual sendo lhe adicionado mais elementos virtuais, tais como, a implementação do cone de visão, que representa os POI visíveis no campo de visão do utilizador bem como os marcadores identificados com a simbologia e transparência já



descritos anteriormente e o constante alinhamento do mapa consoante a orientação do utilizador.

Para a representação do radar a classe *MapRadarFragment* estende a *MapARFragment*, uma vez que são realizadas ligeiras alterações de forma a aproveitar grande parte da implementação da sua classe “pai”. De forma a representar o radar e tirando novamente partido do recurso mapa, esta classe altera as propriedades do mesmo removendo toda a representação proveniente do mapa ficando o radar com uma cor cinzenta.

Por fim, tirando partido da modularidade com que a aplicação foi concebida, as três técnicas de procura de POI *off-screen* são contruídas aproveitando o código dos submódulos acima mencionados.

Para a técnica RA com moldura (quadrados) + mapa, ver secção 3.5.1 , criada a classe *TopDownFragment* que é um fragmento que alberga as duas instâncias dos fragmentos que produzem a representação da técnica, *ARWithBordersFragment* e *MapARFragment*.

Para a técnica RA com moldura (setas) + mapa, ver secção 3.5.2 foi criada a classe *TopDownArrowFragment* que funciona da mesma forma do anterior sendo apenas instanciado internamente o fragmento *ARArrowsWithBordersFragment* em vez do *ARWithBordersFragment*.

Para a representação da técnica RA com mini mapa, ver secção 3.5.3 foi criada a classe *ARMiniMapFragment* que instância as classes *ARFragment* e *MapARFragment*.

Para a representação RA com radar, ver a secção 3.5.4 foi criada a classe *ARRadarFragment* que funciona como a anterior, substituindo o *ARMiniMapFragment* pelo *ARRadarFragment*.

### **3.6.2 Implementação de funcionalidades**

Nesta secção é descrita como foram implementadas as funcionalidades relativas ao *tracking* dos movimentos do utilizador.

## Tracking de localização

De forma a obter a localização do utilizador fazemos uso de um dos serviços da google de geolocalização (Google, Developer Guide | GeoLocation, 2019). A escolha prende-se pela extensa documentação da mesma e por fazer uso de *api's* nativas do Android. O objeto em si que acede a estas informações é o `GoogleApiClient` e consegue obter estas informações através da combinação de Wi-Fi e GPS ou de apenas um deles caso haja a necessidade. É escolhido o modo *PRIORITY\_HIGH\_ACCURACY*, uma *flag* que informa o serviço de geolocalização que se pretende a obtenção dos dados da localização o mais rápido possível e com a maior precisão possível.

## Tracking de orientação

Os dispositivos Android têm diversos sensores que permitem obter a orientação, velocidade entre outros valores. Para isto temos disponíveis o acelerómetro e o magnetómetro através do *SensorManager*.

O acelerómetro presente no dispositivo mede o valor de aceleração (variação da velocidade) aplicada ao longo dos três eixos (x (*pitch*), y (*azimuth*), z (*roll*)) incluindo o valor da gravidade. Cada vez que existe uma alteração destes valores é chamado o método *onSensorChanged*. Devido ao elevado número de vezes que são efetuadas alterações e por consequente o elevado número de vezes que este método é chamado é necessário efetuar uma filtragem. Esta filtragem ocorre de 3 formas distintas, por *smoothing*, *minDiffForEvent* e *throttleTime*.

Relativamente ao *smoothing*, este é representado por um número inteiro e determina o número de medições necessárias que é preciso realizar para que seja devolvida uma notificação, calculando a média das mesmas para o *azimuth*, *pitch* e *roll*. Foi escolhido o valor 15 para esta métrica.

O *minDiffForEvent*, determina o número de graus mínimo que o dispositivo móvel necessita de ser movido para que seja enviada a notificação de um novo valor. Foi escolhido o valor mínimo de 5° para ser registada uma alteração.

Por fim, o *throttleTime* define o intervalo mínimo necessário em milissegundos entre notificações para que seja enviada a notificação dos novos valores para a aplicação. Escolheu-se 50 milissegundos como o intervalo mínimo.



## Capítulo 4

### Avaliação e resultados

De forma a avaliar as técnicas desenvolvidas face ao desempenho e à perceção de facilidade de uso das mesmas foi desenvolvido um protótipo de testes para efetuar as medições e recolher as métricas necessárias. Neste capítulo é descrito o plano de avaliação, as tarefas, o protótipo, as hipóteses, informações sobre o estudo e a análise de resultados.

#### 4.1 Plano de Avaliação

Para conseguirmos aferir o desempenho em cada uma das técnicas cada utilizador irá realizar 8 testes, correspondendo à execução de 2 tarefas descritas na secção 4.2 , sendo que para cada uma existem 4 técnicas de visualização.

Os POI da aplicação mantém-se semelhantes ao longo de todos os testes. A relevância altera-se ao longo dos testes para criar alguma aleatoriedade evitando que os utilizadores memorizem as posições dos pontos de interesse evitando que os dados sejam tendenciosos. Todos os testes têm um conjunto de relevâncias de POI diferente de todas as outras.

De forma a introduzir também alguma variação nos testes, estes são realizados seguindo a metodologia de *latin square* (Cotton, 2013). Desta forma evitamos que os testes produzam resultados semelhantes, via aprendizagem, reduzindo assim um dos fatores de tendência.

Antes da realização dos testes é entregue um formulário de consentimento, em anexo, para garantir que todos os direitos dos utilizadores são respeitados e é efetuado um pré questionário, em anexo, de forma a ter alguns dados que permitam fazer alguma análise estatística sobre os participantes, relativamente à idade, género, formação e também algumas informações sobre experiência prévia com realidade aumentada e informação georreferenciada.

Terminada esta parte é apresentada uma pequena introdução sobre a aplicação e as várias técnicas de visualização *off-screen* e é dada a oportunidade ao utilizador de experimentar todas as técnicas de forma a ambientar-se às mesmas.

Após alguns minutos o utilizador dá início à realização das tarefas.

No final de cada tarefa é pedido ao utilizador que responda a uma pergunta sobre a preferência do mesmo sobre cada técnica de visualização. Após a realização das tuas tarefas é feita uma última pergunta sobre a usabilidade de cada técnica. O utilizador tem de dar uma classificação numa escala de 1 a 5, sendo que 1 indica que foi difícil de usar e 5 foi muito fácil de usar, a cada técnica sendo que pode haver valores repetidos.

Para todas as técnicas de visualização são recolhidas as seguintes métricas:

- Tempo Decorrido – Medido o tempo desde que o utilizador carrega no iniciar até que o utilizador cumpra os requisitos da tarefa.;
- Número de erros – Medido através do número de vezes que o utilizador carrega num POI que não satisfaz as condições da tarefa ou um POI repetido;
- Variação de ângulo – Medição da soma de todas as medições efetuadas sobre o ângulo de variação realizado pelo utilizador na rotação em torno de si mesmo, ou seja, no eixo dos yy.

Em particular nas técnicas 3.5.1 RA com moldura (quadrados) + mapa e na RA com moldura (Setas) + mapa ainda são recolhidas as seguintes métricas:

- Número de Acessos ao Mapa – Medido pelo número de vezes que o utilizador reduz o *pitch* do dispositivo abaixo de 15° para ver o mapa;
- Tempo decorrido até ao primeiro acesso ao mapa – Medido o tempo desde que o utilizador iniciou a tarefa até que abriu o mapa pela primeira vez.

O dispositivo utilizado para realizar os testes foi o mesmo utilizado para o desenvolvimento foi: Sony Xperia correndo um sistema operativo Android 5.0 e um ecrã de 10.1 polegadas.

Foi atribuída uma sigla a cada uma das técnicas de forma a simplificar a linguagem ao comunicar com os utilizadores e identificar cada uma das técnicas ser que referir o nome completo delas. Para cada uma das técnicas definiu-se as seguintes siglas:

- RA com moldura (quadrados) + mapa – ARWB;
- RA com moldura (Setas) + mapa – ARWBA;
- RA com mini mapa – ARMM;
- RA com radar – ARR.

## 4.2 Tarefas

Para avaliar a eficiência em termos de tempo, erros e variação de ângulo das técnicas de visualização *off-screen* foram realizadas duas tarefas muito comuns quando se pesquisam POI.

Para a primeira tarefa o objetivo é encontrar o ponto de interesse mais relevante e mais perto do utilizador. Entende-se pelo ponto mais perto aquele que geograficamente se encontra a uma menor distância absoluta do utilizador e não necessariamente o mais perto tendo em conta a rotação do utilizador. Pede-se, portanto, que se oriente na direção desse ponto e o selecione.

Para a segunda tarefa o objetivo será encontrar os 3 pontos de interesse mais relevantes e mais perto do utilizador. A definição de mais perto é igual à descrita na tarefa anterior. Contudo o utilizador tem de se orientar na direção de cada um dos POI e de seguida, selecionar um de cada vez sem que exista uma ordem obrigatória em que estes tenham de ser selecionados.

Na versão anterior foram feitos testes fazendo uso de uma aplicação de “FakeGPS” para emular a posição mantendo todos os testes constantes. No entanto, devido a uma atualização nos serviços da Google no último ano, a utilização de “FakeGPS” fica de alguma forma comprometida e causa dificuldades aos testes. Por isso mesmo todos os participantes do estudo são do distrito de Lisboa e foi-lhes pedido que se deslocassem ao local do estudo numa data pré-determinada. Cada teste foi iniciado com o dispositivo

sempre orientado na mesma direção de forma a que os tenham a mesma orientação de partida. Desta forma todos os testes partem exatamente das mesmas condições.

Os POI em todos os conjuntos de dados têm uma distribuição ao redor do utilizador em qualquer posição e em cada posição podem ter altitudes diferentes, sendo que se podem encontrar ao nível dos olhos do utilizador ou ligeiramente acima ou abaixo. Antes de realizarem os testes os utilizadores foram avisados que os pontos tinham diferentes altitudes e poderiam não estar imediatamente no seu campo de visão. Se necessário durante a tarefa seria repetida esta informação caso este se encontrasse com dificuldades em encontrar o ponto.

### **4.3 Hipóteses**

1. É expectável que a técnica de RA + Mini Mapa produza os melhores resultados pois nesta técnica o utilizador consegue ter acesso à sua orientação face ao mapa e consegue ter uma perceção mais exata da sua posição no mundo e perceber quais os POI que o rodeiam;
2. Presume-se que a técnica RA + Mini Mapa seja a preferida dos utilizadores pois esta ao permitir que os utilizadores estejam sempre a ver a sua posição e os pontos que o rodeiam conseguem completar a tarefa de forma mais rápida e eficiente, ou seja, menor rotação e menos erros;
3. Põe-se como hipótese a técnica RA + Moldura com setas obter uma melhor classificação de preferência face à outra técnica de RA + Moldura pois em geral os utilizadores estão já mais habituados e familiarizados com sistemas de navegação que usam setas como representação.

### **4.4 Protótipo de Teste**

De forma a facilitar a navegação nos testes é criado um menu inicial em que se insere o nome do utilizador (o nome de testes, não o real) e é apresentada a lista com todas

as tarefas e respetivas técnicas. Temos também lá inseridas as técnicas com a possibilidade de modo livre onde permitimos ao utilizador circular entre as técnicas enquanto se ambienta e onde são apresentados todos os pontos. Ao carregar no botão para trás ou ao completar uma tarefa, após os dados serem guardados, a aplicação retorna sempre a este ecrã. O desenvolvimento deste protótipo foi realizado fazendo uso de uma ferramenta própria para o mesmo, o “Android Studio” 3.4

Para recolher as métricas para a análise de desempenho dos utilizadores foi implementado um método ao selecionar um POI que consoante a tarefa avalia se as condições de término de um determinado teste estão reunidas. Este método foi aplicado em todas as visualizações de realidade aumentada e chama um *listener* para as classes filho para poderem agrupar os dados reunidos. A partir do momento que é iniciado o teste são automaticamente iniciadas as medições.

Depois de recolhidas as métricas, é necessário guardar os dados recolhidos e mantê-los sempre sincronizados. Para este fim foi criada uma classe, cujo nome é *PrototypeUtils*, que possui dois métodos *saveResults* com um número de argumentos diferente consoante se trata das técnicas com moldura ou das min mapa e radar. Quando um destes métodos é chamado, ele abre o ficheiro com o nome do utilizador ou caso não exista ele cria um ficheiro com uma linha de texto contendo as métricas a serem guardadas para cada técnica e tarefa correspondente. Por fim substitui a *keyword* tarefa-técnica-métrica pelo valor correspondente e reescreve o ficheiro com os novos dados.

## 4.5 Estudo

Em seguida descrevem-se os dados sobre os participantes deste estudo e resultados obtidos.

### 4.5.1 Participantes

Neste estudo participaram 30 utilizadores, sem receber qualquer tipo de compensação. Em média cada utilizador demorou cerca de 30 minutos a completar todo o processo de avaliação, incluindo preencher o questionário, ler as tarefas, habituar-se com as técnicas e por fim realizar as tarefas. Destes participantes, 16 deles eram do género



masculino e os restantes 14 do género feminino. A idade dos participantes está compreendida entre os 18 e os 56 anos sendo que a média de idades dos participantes perfaz 31.5 anos e a mediana situa-se nos 25.

Conseguimos analisar através da distribuição da área de formação dos participantes que temos 12 utilizadores ligados às áreas da informática e das tecnologias e os outros encontram-se distribuídos por uma diversidade de outras contendo utilizadores apenas com o secundário, outros com formação superior na área de psicologia, economia e outras.

Tendo em conta o âmbito deste estudo, foi aferida a familiaridade dos utilizadores com aplicações de realidade aumentada. Concluiu-se que 19 dos participantes já tiveram alguma experiência com aplicações deste género, sendo dado como principal exemplo o “Pokémon Go” e como outros exemplos o “Measure”, uma aplicação de medição e aplicações de medição de potência e intersecção de redes Wi-Fi. Foram apontados como problemas a este tipo de aplicações a sua geral dificuldade de utilização, a dificuldade de calibração das mesmas, a baixa precisão devido à dificuldade no cálculo de planos e de manter os objetos virtuais no mesmo local e também o reconhecimento de marcadores/texto/objetos quando aplicável.

De todos os participantes, apenas 2 não estavam familiarizados com aplicações de informação georreferenciada tanto no geral com em dispositivos móveis. Dos outros, a utilização mais comum destas aplicações concentrava-se na utilização de Google Maps e outros serviços semelhantes para localização de locais de interesse e planeamento de itinerários. No caso de dispositivos moveis as aplicações mais mencionadas foram de auxílio à navegação até aos destinos pretendidos e em caso de jogos como o “Pokémon Go”, a descoberta da localização de “Pokemons”. Alguns utilizadores referiram problemas, como a falta de precisão do dispositivo e rapidez.

Em relação à familiaridade com técnicas de referênciação *off-screen* apenas 11 dos participantes estavam familiarizados com as mesmas. Foram dados como exemplos setas, cursores como o do rato a efetuar movimentações em direção às margens do ecrã para indicar a direção do local a seleccionar, ondas pulsantes junto às margens do ecrã onde se encontra o POI, radares e mini mapas.

## 4.5.2 Análise de Resultados

Após o término de cada tarefa, foi pedido aos utilizadores que respondessem a mais uma pergunta do questionário. Nestas perguntas era pedido que o utilizador classificasse de 1 a 5 quanto à sua preferência, sendo que 1 representa não preferiu e 5 preferiu bastante. cada uma das podendo os valores ser repetidos entre as técnicas. A distribuição das classificações pode ser observada na Tabela 4.1.

Tarefa:Técnica	Média	Mediana	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
T1:ARWB	2.9	3	1.27	5	1
T2:ARWB	2.87	2.5	1.43	5	1
T1:ARWBA	3.3	3	1.22	5	1
T2:ARWBA	3.47	4	1.12	5	1
T1:ARMM	4.53	5	0.67	5	3
T2:ARMM	4.57	5	0.62	5	3
T1:ARR	3.5	4	1.23	5	1
T2:ARR	3.6	4	1.08	5	1

Tabela 4.1 Distribuição de resultados de preferência

Conseguimos, portanto, perceber que ao longo das duas tarefas o ARMM (Mini Mapa) conseguiu os melhores resultados seguidos logo do ARR(Radar), as duas técnicas que tinham sempre presente a distribuição dos pontos no mapa, seguido do ARWBA (Moldura com setas) e por fim o ARWB (Moldura com quadrados).

Analisando o desvio padrão, é possível observar que para todas as técnicas sem ser a da ARWB, a Tarefa 2 teve um valor menor do que na Tarefa 1, o que mostra que a opinião dos utilizadores em geral se consolidou. Conseguimos observar também que os valores do desvio padrão da técnica ARMM foram bastante mais baixos do que os restantes o que aliado aos valores de média e mediana superiores indica que a técnica ARMM foi a preferida pelos utilizadores.

	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>ARWB</b>	2.87	3	1.38	5	1
<b>ARWBA</b>	3.27	3	1.12	5	1
<b>ARMM</b>	4.63	5	0.60	5	3
<b>ARR</b>	3.45	4	1.30	5	1

Tabela 4.2 Distribuição de resultados de usabilidade

Com base nos resultados representados na Tabela 4.2, que à semelhança dos resultados sobre a preferência das técnicas, mostra que a técnica ARMM possuiu uma maior média e mediana e também que teve um desvio padrão menor que prova mais uma vez que os resultados foram mais consensuais nesta técnica em relação às outras. Aliando estes resultados aos comentários obtidos durante os testes, os utilizadores em geral consideraram que a técnica ARMM era mais intuitiva e conseguiam ter uma melhor noção da posição e distribuição dos pontos de uma forma muito mais rápida e natural, sendo que alguns utilizadores já tinham experiência prévia com sistemas de orientação semelhantes.

Logo depois vem a ARR que muitos consideraram bastante intuitiva, mas não tanto como o ARMM. Alguns utilizadores referiram que preferiram esta técnica à ARMM pela redução de informação gráfica, nomeadamente a representação das ruas e do relevo inerente ao mapa. No entanto, também houve outros utilizadores que deram classificações mais reduzidas a esta técnica pois acharam que os pontos no radar eram pequenos demais e causavam algumas dificuldades em distinguir os pontos.

Os utilizadores consideraram que ambas as técnicas com moldura têm a mesma facilidade de utilização, no entanto, no que diz respeito a preferências a técnica das setas obteve uma ligeira melhor classificação, chegando a obter resultados idênticos com o ARR na tarefa 2. Os utilizadores em geral acharam que as setas eram mais intuitivas e fáceis de perceber do que os quadrados. Grande parte dos utilizadores não mostrou dificuldades no acesso ao mapa, especialmente na segunda técnica. Outros utilizadores relataram que preferiram apenas utilizar apenas a representação na vertical e avaliar as condições descritas sobre proximidade dos POI.

Com base nestes resultados foi possível validar a segunda hipótese em que a técnica ARMM foi a preferida dos utilizadores conseguindo os melhores resultados. Tal como inicialmente colocado como hipótese os utilizadores preferiam esta técnica porque têm sempre o mapa visível, com a sua posição e a posição dos pontos de interesse. Para além

disto os utilizadores já estão familiarizados com representações semelhantes e a carga cognitiva é reduzida.

Também conseguimos confirmar a Hipótese 3 em que os utilizadores preferiram a técnica ARWBA pelos motivos expostos e por estarem familiarizados com setas como forma de navegação. Os utilizadores comentaram que era mais simples seguir as setas do que os quadrados como *representação off-screen*. Os resultados obtidos também podem ser explicados pelo facto de esta técnica envolver menos carga cognitiva do que a técnica RA com moldura (quadrados) + onde era necessário um maior foco atenção para perceber onde se situavam os POI *off-screen* e qual a rotação, apesar da perda de precisão nesta técnica.

### Tempo das Tarefas

Tarefa:Técnica	Média	Mediana	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
T1:ARWBA	37.87	24.5	34.06	150	7
T2:ARWBA	55.63	47.5	29.45	150	26
T1:ARWB	37.97	29.5	24.36	103	7
T2:ARWB	54.03	45.5	27.72	149	17
T1:ARMM	16.77	14.5	9.66	49	5
T2:ARMM	32.63	28	16.04	93	16
T1:ARR	30.23	20	26.71	110	9
T2:ARR	31.1	28.5	11.43	60	18

Tabela 4.3 Tempo de conclusão

Relativamente ao tempo médio de conclusão da tarefa, representado na Tabela 4.3, as técnicas de ARMM e ARR conseguiram tempos mais rápidos enquanto que as técnicas ARWB e ARWBA tiveram resultados muito semelhantes, mas com tempos de conclusão superiores às duas primeiras referidas, que pode ser mais facilmente visualizável através da Figura 4.1. Isto era previsível e pode ser explicado devido ao facto de nas técnicas ARMM e ARR termos sempre visível a posição dos POI no mapa, enquanto que nas outras técnicas os utilizadores têm que consultar o mapa, observar a localização dos pontos e depois disso têm que memorizar a posição do ponto e estimar a rotação necessária até ao ponto. Nas técnicas ARMM e ARR esta tarefa é facilitada pois o utilizador pode rapidamente perceber a sua orientação através do campo de visão.

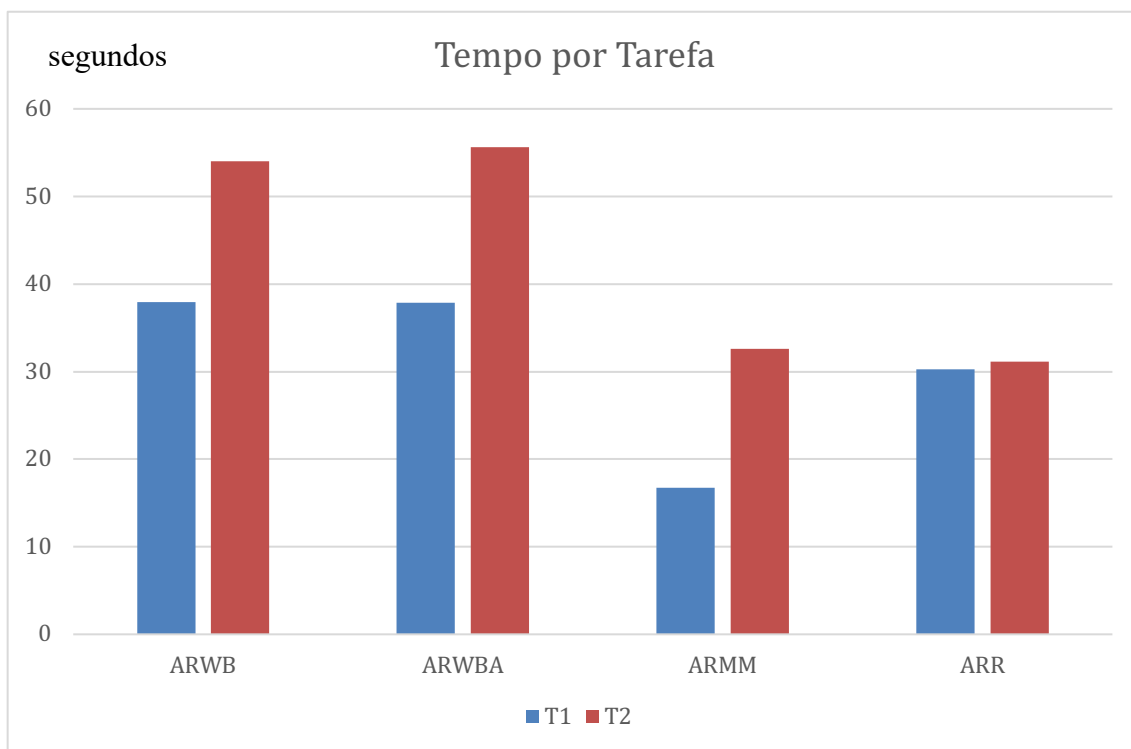


Figura 4.1 Média de tempo até à conclusão da tarefa

Podemos notar que apesar de na Tarefa 1 o ARMM ter obtido os melhores resultados, o mesmo não ocorreu na Tarefa 2, onde o ARR conseguiu tempos médios inferiores. Isto pode ser explicado por um reduzido número utilizadores estarem afastados consideravelmente da média dos outros utilizadores. Tal acontece porque para este teste foi um dos pontos que o utilizador tinha de selecionar tinha uma altitude ligeiramente superior ao nível dos olhos do utilizador, obrigando o utilizador a inclinar o dispositivo mais que os 90°, considerando o chão como plano de comparação o que causou algumas dificuldades a alguns utilizadores especialmente a estes.

No entanto conseguimos também observar através do desvio padrão que os utilizadores foram mais consistentes a resolver a Tarefa 1 em ARMM face à ARR e que apesar das dificuldades encontradas na Tarefa 2 a diferença entre as técnicas não foi tao elevada como a obtida na Tarefa 1. É possível notar também que apesar da pior prestação a nível de tempo médio de conclusão da Tarefa 2, em ambas as tarefas a técnica ARMM teve o tempo mais rápido de conclusão e na Tarefa 1 o tempo máximo de conclusão da técnica ARR foi mais do dobro da técnica ARMM. Na Tarefa 2 a técnica ARMM apenas teve um máximo 1.5 vezes superior.

### **Variação de Ângulo do Dispositivo**

<b>Coluna1</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
<b>T1:ARWBA</b>	642.94	446.07	687.183	2947.10	123.41
<b>T2:ARWBA</b>	1336.29	818.40	1158.93	5330.37	259.42
<b>T1:ARWB</b>	698.75	488.44	589.799	2402.27	67.02
<b>T2:ARWB</b>	986.79	729.16	650.11	3231.73	281.37
<b>T1:ARMM</b>	180.30	88.45	165.51	529.51	10.30
<b>T2:ARMM</b>	448.33	403.06	203.50	1153.53	213.50
<b>T1:ARR</b>	333.85	200.03	304.89	1440.34	79.78
<b>T2:ARR</b>	358.91	290.24	180.20	953.04	176.78

Tabela 4.4 Variação da variação de ângulo do dispositivo

Para a variação de ângulo podemos observar na Tabela 4.4 que uma vez mais as técnicas ARMM e ARR obtiveram melhores resultados tendo tido médias de ângulos de rotação inferiores do que as duas técnicas com moldura, no entanto pode-se notar resultados algo melhores na técnica ARWB do que na que contém as setas como indicador pois os utilizadores referiram que conseguiam ter uma percepção melhor das distâncias dos pontos. Tal discrepância ocorre também porque tal como em ARMM existe um ponto que está ligeiramente acima dos 90° e os utilizadores apresentam algumas dificuldades tendo que rodar o seu dispositivo até perceberem que o ponto se encontra nessa posição mais elevada.

Conseguimos ver o desvio padrão entre as técnicas ARMM e ARR foram semelhantes mesmo na Tarefa 2 onde a técnica ARMM obteve prestação inferior o que revela uma maior consistência na rotação efetuada entre os participantes. A prestação inferior de ARMM face à a ARR deve-se uma vez mais ao explicado anteriormente sobre o ponto com uma altitude superior e aí encontramos também justificação para o máximo tão elevado que observamos.

## Erros

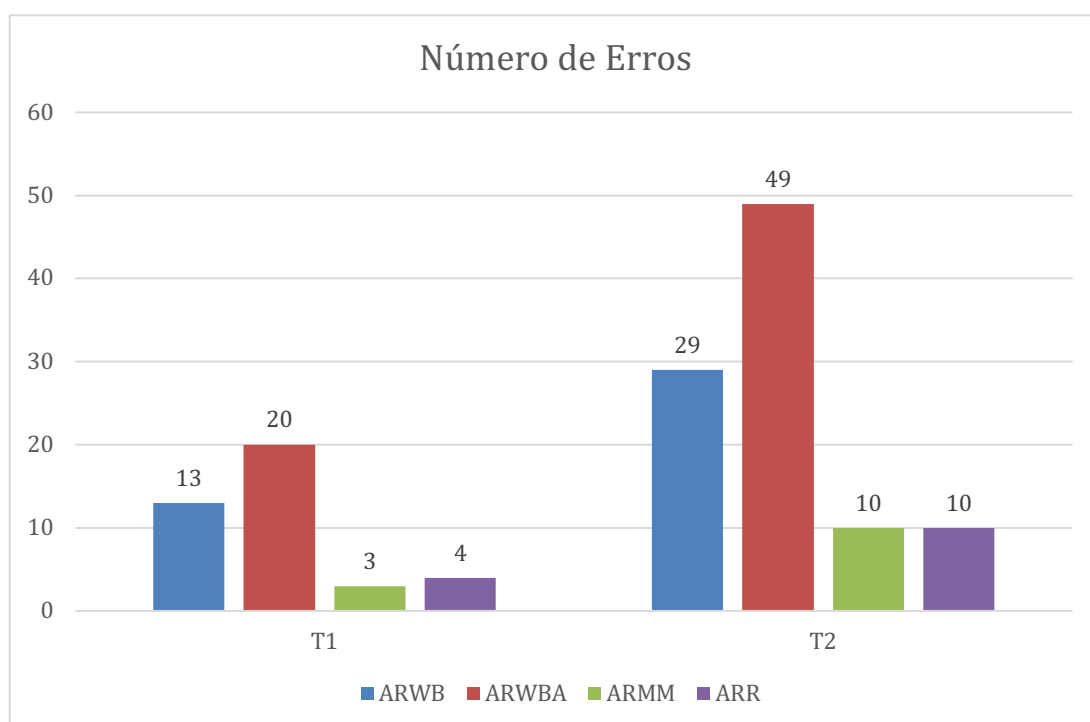


Figura 4.2 Número Total de Erros

Na Figura 4.2 podemos observar o número de erros em cada tarefa. Por erro entende-se um clique num ponto já previamente escolhido ou um clique num ponto que não satisfazia as condições da tarefa. É possível observar um menor número de erros nas técnicas ARMM e ARR e muitos mais nas técnicas com moldura. A técnica ARWBA apresentou um número de erros mais elevado o que também pode ser explicado por o mesmo ponto com uma altitude ligeiramente superior aos 90° ter sido um dos pontos a seleccionar, tanto na Tarefa 1 como na Tarefa 2.

Tarefa:Técnica	Média	Mediana	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
T1:ARWBA	0.67	0	1.27	5	0
T2:ARWBA	1.63	1	2.74	12	0
T1:ARWB	0.43	0	1.02	4	0
T2:ARWB	0.97	1	1.02	4	0
T1:ARMM	0.1	0	0.3	1	0
T2:ARMM	0.33	0	0.65	2	0
T1:ARR	0.13	0	0.43	2	0
T2:ARR	0.33	0	0.87	4	0

Tabela 4.5 Distribuição de erros

Pode-se notar que a necessidade de os utilizadores terem de inclinar o dispositivo para aceder ao mapa e depois voltar à posição inicial causava algumas dificuldades sobre se já teria clicado no POI ou não podendo causar um erro ao seleccionar um ponto já seleccionado. A técnica ARMM apesar de ter tido a dificuldade sobre o POI com uma elevação ligeiramente superior aos 90° o número de erros aumentou, mas manteve-se igual à técnica ARR. Este deve-se ao facto de os utilizadores apenas seleccionarem os POI quando tiverem a certeza que é a resposta correta. Por isto e recorrendo também à Tabela 4.5 conseguimos perceber que em ARR o número de erros máximos cometido por um utilizador foi maior do que na técnica ARMM o que pode mostrar uma maior dificuldade de orientar e distinguir os pontos certos.

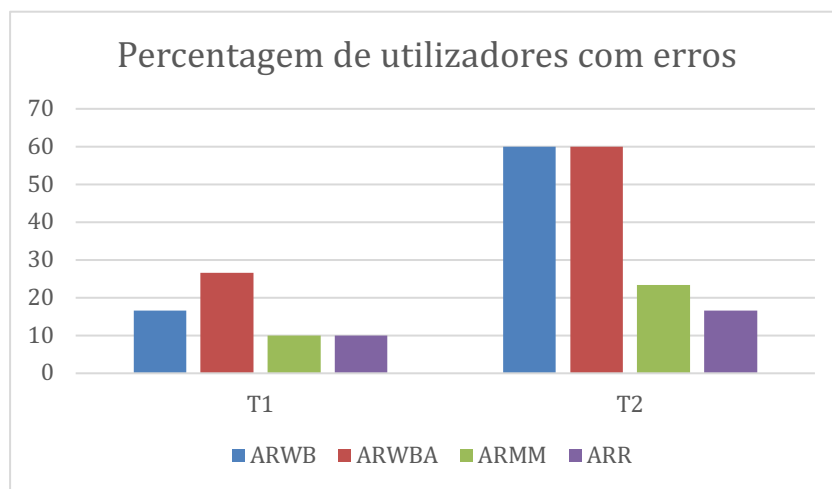


Figura 4.3 Percentagem de Utilizadores com erros

Conseguimos notar na Figura 4.3 que na Tarefa 1, as técnicas ARMM e ARR tiveram o mesmo número de utilizadores a cometer erros mas a técnica ARMM teve maior número de erros. Já na tarefa 2 a técnica ARMM teve mais utilizadores a cometer erros, como se pode ver pela Figura 4.3, mas o número de erros foi igual ao da técnica ARR. Explica-se estes dados com o facto do POI com uma altitude maior que os 90° ter induzido mais utilizadores em erro mas a técnica ARR causou que os utilizadores que cometeram erros, que o fizessem repetidas vezes o que indica mais dificuldades em guiar o utilizador. No que diz respeito à técnica ARWBA quando comparada à ARWB teve mais utilizadores a errar e maior número de erros na tarefa 1, já na tarefa 2 o número de pessoas a errar foi o mesmo nas duas técnicas, mas a técnica ARWBA teve mais erros totais. Percebemos assim que os utilizadores que tiveram dificuldade na técnica ARWBA, apesar de existir a moldura que representa pontos com altitudes diferentes, não



conseguiram perceber a representação. Alguns referiram que não se guiaram muito pela moldura e outros referiram que como já tinham encontrado um ponto numa direção, não perceberam que o outro poderia estar numa altitude diferente.

### Uso dos Mapas

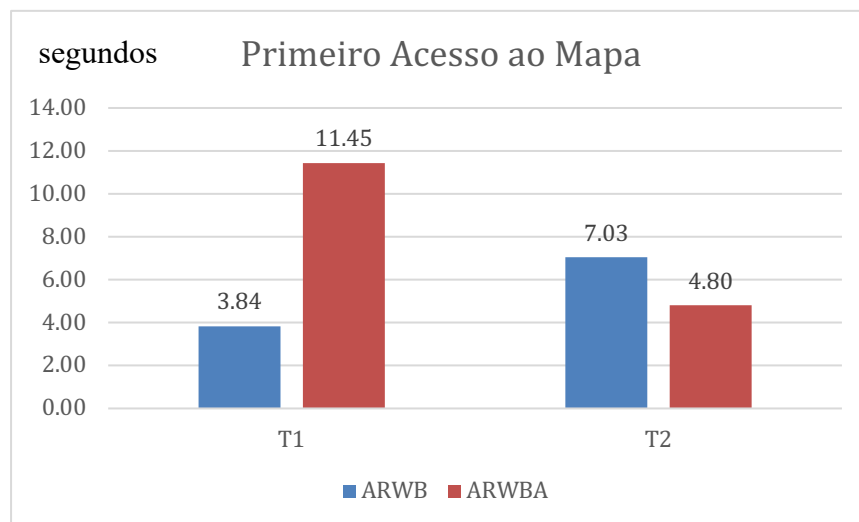


Figura 4.4 Primeiro acesso ao mapa nas técnicas com moldura

Relativamente ao tempo até ao primeiro acesso ao mapa existem claras diferenças. Através da Figura 4.4, podemos observar que a técnica ARWB na Tarefa 1 os utilizadores utilizaram o mapa no 1º acesso em menor tempo do que na Tarefa 2. Esta discrepância acaba por ser coerente com o tempo de resolução da tarefa e deve-se aos utilizadores tentarem utilizar inicialmente a moldura para tentarem encontrar os pontos.

Atendendo à média, na Tabela 4.6, conseguimos ver que na técnica ARWB houve utilizadores que parecem ter tido uma boa experiência com a moldura na Tarefa 1 e por isso focam-se primeiro em tentar encontrar os pontos sem primeiro acederem ao mapa, apesar da media ter sido muito semelhante entre as duas técnicas na Tarefa 2. No que diz respeito à técnica ARWBA os utilizadores vão mais rapidamente ao mapa para saber onde estão os pontos e depois usam a moldura como forma auxiliar de os guiar. Foram vários os utilizadores que referiram que iam rapidamente ao mapa pois era muito mais fácil perceber onde se situavam os pontos e a moldura era complementar.

Tarefa:Técnica	Média	Mediana	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
T1:ARWBA	11446.07	4921	18645.22	83383	0
T2ARWBA	4796.73	3018	6551.63	29461	0
T1:ARWB	3839.43	1774	4887.98	18741	0
T2:ARWB	7032.23	3266	9642.13	34552	0

Tabela 4.6 Distribuição de tempo em milissegundos sobre o primeiro acesso ao mapa

Foi também apurado o número de acessos ao mapa nas duas técnicas com moldura + mapa. É importante notar que o número de utilizadores que não fizeram uso do mapa, (Figura 4.6), aumentou da Tarefa 1 para a Tarefa 2. A explicação para isto está relacionada com o facto do utilizador já estar mais familiarizado com as técnicas e por isso não ter tanta necessidade de aceder ao mapa, tendo em conta os comentários dos utilizadores. No entanto, como pudemos apurar previamente, os que preferem indiscutivelmente o mapa usam-no de uma forma mais rápida. Vemos na Figura 4.5 que os utilizadores na técnica ARWB acederam ao mapa sensivelmente o mesmo número de vezes para as duas tarefas, mas na técnica ARWBA o número de vezes na Tarefa 1 foi inferior à anterior o que mostra que foi mais intuitiva pois com menos acessos ao mapa conseguiram encontrar o ponto com maior facilidade.

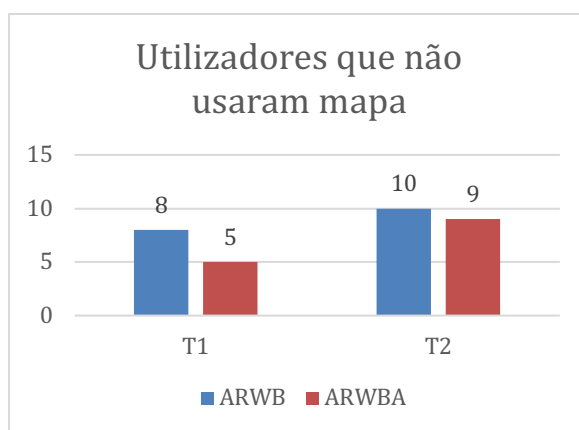


Figura 4.6 Número de utilizadores que não utilizaram o mapa

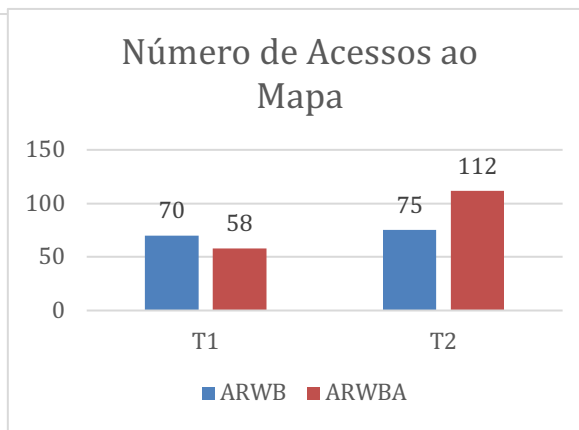


Figura 4.5 Número de Acessos ao Mapa

Na segunda tarefa apesar de haver menos utilizadores a utilizar o mapa na técnica ARWBA face à ARWB justifica-se um aumento do número de acessos ao mapa pela dificuldade que alguns utilizadores tiveram a encontrar o ponto com uma altura ligeiramente superior. O facto de o utilizador não perceber a altitude do ponto logo de

início força-o a utilizar o mapa mais vezes provando-se assim a existência de dificuldades em pontos com altitudes diferente especialmente acima da linha natural de visão do utilizador que acaba por ser a orientação normal do dispositivo numa tarefa deste género.

Depois de termos avaliado todos estes dados, a análise dos resultados não permite afirmar a validade da Hipótese 1. Apesar dos resultados referentes à Tarefa 1 da técnica ARMM serem melhores do que as outras 3 técnicas, no que diz respeito a tempo de conclusão, número de erros e utilizadores com erros, na Tarefa 2 os resultados foram ligeiramente piores do que na técnica ARR. Isto é explicado pela existência do ponto com uma altitude maior que 90° na técnica ARMM o que obrigava o utilizador a inclinar o seu dispositivo mais para cima, tal coisa não aconteceu na ARR o que pode significar que as tarefas não tinham o mesmo grau de dificuldade nos 2 casos.

### 4.5.3 Sumário e notas

Apesar de haver no total apenas 30 participantes, tentou fazer-se uma análise dos resultados tendo em atenção a distribuição por idades, género e experiência em RA. Vemos que apenas 1 dos 19 participantes com uma idade inferior a 35 anos não possui qualquer experiência prévia e que os 7 participantes com uma idade superior a 41 anos não possuem qualquer experiência com realidade aumentada. Estes dados mostram que as gerações mais jovens estão já em grande contacto com esta. No entanto, através da Tabela 4.7, os utilizadores com melhores resultados ficaram no grupo situado entre os 25 e 40 anos sendo que dos melhores 4 resultados 2 tinham idades compreendidas entre os 0 aos 24 e os outros 2 entre os 25 aos 40. Apesar destes dados a média de tempos do grupo de utilizadores com idades até aos 24 anos e o grupo de utilizadores com mais de 39 anos foi muito semelhante com um tempo médio ligeiramente menor para o grupo com mais de 39 anos.

Faixa Etária	Geral Média Tempo(s)	Número Pessoas	Com Experiência em RA	Com Experiência em RA Média Tempo(s)	Sem Experiência RA	Sem Experiência RA Tempo
<25	38.08	15	12	37.26	3	41.33
25-40	27.66	8	7	31.61	1	55.13
>40	37.63	7	1	47.75	6	35.94

Tabela 4.7 Agregação de resultados

No entanto a grande diferença entre os grupos situa-se no número de utilizadores com e sem experiência em realidade aumentada. Os grupos dos 0 aos 24 e dos 25 aos 40 possuem um reduzido número de participantes sem experiência em realidade aumentada o que reduz a expressividade da média deste campo. O mesmo ocorre com os utilizadores com idades superior a 39 anos com experiência em realidade aumentada onde só 1 dos 7 utilizadores tem experiência.

<b>Faixa Etária</b>	<b>Número de Participantes do Género Masculino</b>	<b>Género Masculino Média Tempo(s)</b>	<b>Género Masculino Com experiência em RA</b>	<b>Género Masculino Experiência RA Média Tempo(s)</b>	<b>Género Masculino Sem experiência em RA</b>	<b>Género Masculino Sem Experiência RA Média Tempo(s)</b>
<25	6	35.25	6	35.25	0	0
25-40	6	30.75	6	30.75	0	0
>40	4	26.04	1	47.75	3	34.71

Tabela 4.8 Agregação de resultados por idade e experiência em RA género masculino

<b>Faixa Etária</b>	<b>Número de Participantes do Género Feminino</b>	<b>Género Feminino Média Tempo(s)</b>	<b>Género Feminino Com experiência em RA</b>	<b>Género Feminino Experiência RA Média Tempo(s)</b>	<b>Género Feminino Sem experiência em RA</b>	<b>Género Feminino Sem Experiência RA Média Tempo(s)</b>
<25	9	39.96	6	39.27	3	41.33
25-40	2	45.94	1	36.75	1	55.125
>40	3	28.08	0	0	3	28.083

Tabela 4.9 Agregação de resultados por idade e experiência em RA género feminino

Analisando a distribuição de resultados por idade e por género através da Tabela 4.8 e da Tabela 4.9 conseguimos ver que em todos os grupos etários os participantes do género masculino tiveram tempos de conclusão médios mais baixos do que os participantes do género feminino. No entanto avaliar se a experiência com realidade aumentada é importante em cada género é difícil devido ao reduzido número de participantes, especialmente sem experiência em realidade aumentada. Apesar disso os poucos resultados que existem mostram uma pequena tendência de melhores resultados

tanto em participantes do género masculino e feminino de tempos médios de conclusão mais baixos em participantes com experiência em realidade aumentada.

<b>Faixa Etária</b>	<b>Género Masculino Engenharia</b>	<b>Género Masculino Engenharia Média</b>	<b>Género Masculino Não Engenharia Média</b>	<b>Género Feminino Engenharia</b>	<b>Género Feminino Engenharia Média</b>	<b>Género Feminino Não Engenharia Média</b>
<25	1	49.25	32.45	1	24.75	41.86
25-40	3	22.21	39.29	0	0	45.94
>40	0	0	37.97	0	0	37.17

Tabela 4.10 Agregação de resultados por idade área de formação

Avaliar os resultados consoante à área de formação também se prova algo difícil devido ao reduzido número de participantes da área de Engenharia quando se distribui os participantes por idade e género. Analisando os dados da Tabela 4.10, as médias em geral parecem apontar que os utilizadores com formação em Engenharia conseguem obter médias de conclusão mais baixas do que os restantes, no entanto não existem dados suficientes para concluir com certeza. Fazer uma correlação entre os participantes do género masculino e feminino também é difícil devido a apenas haver um participante do género masculino com formação em Engenharia.

É possível concluir também que as técnicas com o mini mapa e o radar foram muito bem-sucedidas nas tarefas realizadas e que os utilizadores se inclinaram claramente para estas técnicas e o desempenho destas técnicas reflete a preferência dos utilizadores. No que diz respeito às técnicas com moldura, a técnica ARWBA levou a vantagem a nível preferencial e de usabilidade por parte dos utilizadores sobre a técnica ARWB, no entanto os resultados das tarefas não foram de acordo com as preferências dos utilizadores. Parte dos resultados inferiores da técnica ARWBA pode ser explicado pela existência do ponto acima dos 90°, mas de resto existe uma divergência a nível de preferência dos utilizadores entre ter mais simplicidade no caso da técnica ARWBA ou ter maior precisão como observado na técnica ARWB.

#### **4.5.4 Opiniões dos utilizadores**

Durante todo o processo foi dada a liberdade de em qualquer altura o utilizador expor quaisquer dúvidas ou opiniões de modo a reunir-se algumas sugestões e perceber o porquê as suas dificuldades.

Relativamente à técnica com o radar alguns utilizadores referiram que os pontos indicadores de POI eram demasiado pequenos e que eram difíceis de ver e distinguir entre eles. A nível da cor existe uma dificuldade mínima geral em distinguir entre a cor vermelha e a magenta, mas acentua-se mais nesta técnica com o tamanho reduzido. Houve ainda um utilizador que não conseguia ver o ponto azul (de menor importância) quando este estava dentro do cone de visão do utilizador.

Os utilizadores reportaram também, relativamente às técnicas ARWB e ARWBA, algum desconforto e dificuldades na transição entre a visualização de RA com moldura e o mapa. Apesar de gostarem de ter acesso ao mapa a transição esta alteração provocava por vezes uma perda de localização e orientação de onde se encontravam, aliado ao facto de terem de memorizar as posições dos pontos, acabaram por reunir algumas críticas.

Também foi reportado que seria importante reduzir a sensibilidade do osciloscópio do dispositivo devido à rotação do mesmo de forma a ser mais fácil carregar nos POI e no mapa também preferiam uma maior estabilidade para facilitar a percepção da orientação do utilizador.



## Capítulo 5

### Conclusões e Trabalho Futuro

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais sobre o trabalho realizado, as conclusões retiradas e possíveis prospeções de trabalho futuro.

#### 5.1 Conclusões

Este projeto focou-se em estender um outro projeto desenvolvido anteriormente que implementou e comparou 3 técnicas de visualização de pontos de interesse *off-screen* e *on-screen* em dispositivos móveis e cujo objetivo foi perceber as vantagens e desvantagens de cada técnica e analisar como poderiam ser melhoradas.

Neste trabalho foi desenvolvida uma técnica adicional sendo ela RA com moldura com setas + mapa.

Para avaliar as diferentes técnicas foram realizados testes com utilizadores que incluíram um questionário para as preferências e recolha de métricas sobre o desempenho dos utilizadores durante os testes. Para suportar esta pesquisa realizaram-se duas tarefas para comparar as 4 técnicas de visualização que consistia em encontrar o ponto de interesse mais relevante e mais próximo do utilizador e uma segunda tarefa cujo objetivo era encontrar 3 pontos de interesse com as mesmas condições que a tarefa anterior, ambas em 20 pontos de interesse.

Foi possível concluir que os utilizadores preferiram a técnica com mini mapa e depois a do radar, seguida pela técnica das molduras com setas e por fim a técnica de moldura com quadrados. Estas preferências podem justificar-se através da observação de que os utilizadores estão mais habituados a usar mini mapas no quotidiano e também pelo facto de estarem familiarizados com representação de setas como forma de navegação. Para além disto, o facto da disposição dos POI no mundo e a sua posição estarem sempre presentes é um grande auxílio.

Analisando de forma geral os resultados obtidos as técnicas ARMM e ARR tiveram resultados semelhantes com a técnica ARMM a obter a vantagem na Tarefa 1 mas com



alguma desvantagem na Tarefa 2 tendo em conta as métricas recolhidas. Estas diferenças podem ser explicadas pelo facto de na técnica ARMM existir um ponto com uma altitude superior à inclinação do utilizador comum de um dispositivo móvel e por isso alguns utilizadores tiveram dificuldade em conseguir perceber a existência desse ponto. Um ponto de interesse com estas características acabou por não aparecer em ARR o que leva a crer que se esta situação não tivesse ocorrido, a técnica ARWM eventualmente teria tido os melhores resultados em ambas as tarefas. A técnica ARWBA e a AWRB tiveram resultados bastante semelhantes com uma vantagem para AWRB e ocorreu a mesma situação em ARMM e por isso os seus resultados poderiam ter sido melhores. Apesar de não ser previsível, notou-se que os utilizadores não fizeram o melhor uso da moldura no que diz respeito à zona superior e inferior da mesma.

Foi interessante também observar que nas técnicas com RA+ Moldura, alguns utilizadores não utilizaram o mapa, sugerindo, tal como indicado por alguns deles, que se a tarefa em causa for simples, pode não existir a necessidade de incluir a visualização em mapa pois as pistas visuais são suficientes.

## 5.2 Trabalho Futuro

Com este trabalho conseguiu-se aferir que, apesar dos resultados obtidos, as técnicas que fazem uso de um mapa ou radar apresentam um problema relativo a POI com altitudes fora do campo de visão. De facto, a atual implementação destas técnicas não representa essa informação. O mesmo acontece com as técnicas com molduras, que apesar de terem essa representação, apresentou o mesmo problema nos testes. Tendo isto em conta é importante analisar novas formas de representar as diferenças de altitude e tentar perceber a melhor forma de transmitir esta informação ao utilizador.

É importante também melhorar as cores dos POI pois como foi referido houve um utilizador com dificuldades na percepção do azul e muitos utilizadores mencionaram a dificuldade em distinguir o vermelho do magenta, em especial no mini mapa e radar devido à representação mais reduzida. De referir que nenhum dos utilizadores que mencionou esta dificuldade era daltónico.

Nas técnicas já concretizadas, a avaliação da distância dos pontos *off-screen* à posição do utilizador é suportada pela observação dos pontos de interesse sobre um mapa.

Seria também interessante explorar a utilização de técnicas *off-screen* em que a própria pista contenha implicitamente informação sobre a distância ao utilizador e avaliar que tipo de técnica é mais útil e/ou mais apreciada pelo utilizador: as que recorrem a mapas ou as que contêm informação implícita sobre a distância.



## Bibliografia

- Apple. (2019). *ARKit*. Obtido em 29 de 11 de 2018, de ARKit: <https://developer.apple.com/arkit/>
- Baudisch, P., & Rosenholtz, R. (2003). *Halo: a Technique for Visualizing Off-Screen Locations*.
- Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). *"A Survey of Augmented Reality"*. Christchurch, New Zealand: The Human Interface Technology Laboratory New Zealand.
- Bimber, O., & Raskar, R. (2006). Modern approaches to augmented reality. *ACM SIGGRAPH 2006 Courses- SIGGRAPH '06*, 1.
- Bimber, O., & Raskar, R. (2007). *Mitsubishi Electric Research Laboratory* (Vol. 176). Wellesley, Massachusetts: AKPeters.
- Bostanci, E., Kanwal, N., Ehsan, S., & Clark, A. (2013). User Tracking Methods for Augmented Reality. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 5(1), 93-98.
- Carmigniani, J., & Furht, B. (2011). Augmented Reality: An Overview. Em J. Carmigniani, & B. Furht, *Handbook of Augmented Reality*.
- Cotton, J. W. (2013). *Analyzing Within-subjects Experiments*. New York: Psychology Press.
- Gonçalves, T., Paula Afonso, A., Carmo, M. B., & Pombinho, P. (June de 2011). HaloDot: Visualization of the Relevance of Off-Screen Objects. *SIACG 2011, V Simpósio Ibero-Americano de Computação Gráfica*.
- Google. (2019). *Developer Guide | GeoLocation*. Obtido de Developer Guide | GeoLocation: <https://developers.google.com/maps/documentation/geolocation/intro>
- Google. (2019). *Google ARCore Concepts*. (Google) Obtido em 29 de 11 de 2018, de <https://developers.google.com/ar/discover/concepts>
- Google. (Agosto de 2019). *Hidden-World*. Obtido em 29 de 11 de 2018, de Hidden-World: <https://experiments.withgoogle.com/hidden-world>

- Google. (Agosto de 2019). *SensorEvent | Android Developer*. Obtido de SensorEvent | Android Developer:  
<https://developer.android.com/reference/android/hardware/SensorEvent>
- GPS Performance & Accuracy*. (s.d.). Obtido em 29 de 11 de 2018, de  
<https://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/>
- Gruenefeld, U., Ali, A., Boll, S., & Heuten, W. (2018). Beyond Halo and Wedge : Visualizing Out-of-View Objects on Head-mounted Virtual and Augmented Reality Devices. (September), 1-11.
- Gruenefeld, U., Ennenga, D., Ali, A., Heuten, W., & Boll, S. (2017). EyeSee360. *Proceedings of the 5th Symposium on Spatial User Interaction - SUI '17*(October), 109-118.
- Gruenefeld, U., Hsiao, D., & Heuten, W. (2018). EyeSeeX. *Proceedings of the 7th ACM International Symposium on Pervasive Displays - PerDis '18*(April), 1-2.
- Gruenefeld, U., Lange, D., Hammer, L., Boll, S., & Heuten, W. (2018). FlyingARrow. *Proceedings of the 7th ACM International Symposium on Pervasive Displays - PerDis '18*(April), 1-6.
- Gruenefeld, U., Löcken, A., Brueck, Y., Boll, S., & Heuten, W. (2018). Where to Look. *Proceedings of the 10th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications - AutomotiveUI '18*(September), 221-228.
- Gruenefeld, U., Stratman, T. C., Ali, A. E., Boll, S., & Heuten, W. (2018). RadialLight: Exploring Radial Peripheral LEDs for Directional Cues in Head-Mounted Displays.
- Gustafson, S., Baudisch, P., Gutwin, C., & Irani, P. (2008). Wedge. *Proceeding of the twenty-sixth annual CHI conference on Human factors in computing systems - CHI '08*.
- Huo, K., Cao, Y., Yoon, S., Xu, Z., Chen, G., & Ramani, K. (2018). Scenariot: Spatially Mapping Smart Things Within Augmented Reality Scenes. *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '18*, 1-13.
- IKEA. (2019). *IKEA Store*. Obtido de PlayStore Ikea Store:  
[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ikea.kompis&hl=pt\\_PT](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ikea.kompis&hl=pt_PT)
- Lange, D., Weiss, S., Gruenefeld, U., Koethe, I., Weiß, S., & Heuten, W. (2019). *Comparing Techniques for Visualizing Moving Out-of-View Objects in Head-mounted Virtual Reality*.

- Melo, M. (2018). Realidade Aumentada móvel combinada com mapas. *Dissertação de Mestrado em Engenharia Informática da FCUL*. Lisboa.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1994). Mixed Reality (MR) Reality-Virtuality (RV) Continuum. *SPIE Vol. 2351, Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351, 282-292.
- Silva, G. (2016). Simbologia em Realidade Aumentada Móvel. *Dissertação de Mestrado em Engenharia Informática da FCUL*. Lisboa.
- Zealand, N., Zhou, F., Duh, H.-l., & Billinghurst, M. (2010). Human Interface Technology Laboratory New Zealand Trends in Augmented Reality Tracking , Interaction and Display : A Review of Ten Years of ISMAR. *Communication*.
- Zhou, F., Been-Lirn Duh, H., & Billinghurst, M. (2008). *Trends in Augmented Reality Tracking, Interaction and Display: A Review of Ten Years of ISMAR*.



# Anexos

## Anexo A - Inquérito e Avaliação: ARWithMaps

### Perfil

1. Sexo: M ☐ F ☐

2. Idade: \_\_\_\_\_

3. Área de Formação: \_\_\_\_\_

### Questionário

**Realidade Aumentada é uma técnica que faz uso da câmara e sensores do dispositivo móvel para sobrepor elementos virtuais à imagem capturada pela câmara do dispositivo e assim fornecer mais informação ao utilizador.**

4. Já utilizou aplicações de realidade aumentada?

Sim ☐

Não ☐

Se sim:

i. Com que objetivos?

---

ii. Com que frequência as utiliza?

Raramente

☐

Poucas vezes

☐

Algumas vezes

☐

Muitas vezes

☐

iii. Qual a aplicação que mais utiliza?



---

iv. Encontra algum tipo de dificuldades na utilização deste tipo de aplicações? Quais?

---

---

5. Está familiarizado com aplicações que lhe permitam ter conhecimento da existência de objectos/itens fora da área visível no ecrã? Sim ☐ Não ☐

Se sim:

i. Como é que tal é indicado?

---

ii. Que aplicações?

---

iii. Com que frequência as utiliza?

6. Raramente Poucas vezes Algumas vezes Muitas vezes

7. ☐ ☐ ☐ ☐

8. Já utilizou aplicações de pesquisa de informação georreferenciada?  
Sim ☐ Não ☐

Se sim:

i. Com que objetivos?

---

ii. Com que frequência as utiliza?

Raramente Poucas vezes Algumas vezes Muitas vezes

☐ ☐ ☐ ☐

iii. Qual a aplicação que mais utiliza?

---

iv. Encontra algum tipo de dificuldades na utilização deste tipo de

aplicações? Quais?

---

9. Já utilizou aplicações de pesquisa de informação georreferenciada em dispositivos móveis? Sim ☐ Não ☐

Se sim:

- i. Com que objetivos?
- 

- ii. Com que frequência as utiliza?

Raramente	Poucas vezes	Algumas vezes	Muitas vezes
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- iii. Qual a aplicação que mais utiliza?
- 

- iv. Encontra algum tipo de dificuldades na utilização deste tipo de aplicações? Quais?
- 
- 

### **Contexto da experiência**

ARWithMaps é uma aplicação de realidade aumentada combinada com mapa desenvolvida com o objetivo de comparar 4 técnicas de visualização off-screen de pontos de interesse, ou seja, técnicas que incluem pistas para indicar onde estão pontos de interesse fora do campo de visão da câmara do dispositivo. Em todas elas a representação em realidade aumentada não sofre qualquer alteração.

Simbologia:

**Relevância:** é representada pela cor, sendo o vermelho o mais relevante e o azul o menos. Dentro da mesma cor, não existem pontos mais relevantes que outros.

**Distância:** A distância de um ponto ao utilizador é representada pelo tamanho e transparência dos símbolos – quanto mais longe, mais pequenos e mais transparentes são os símbolos.

Como os pontos menos relevantes são sempre mais transparentes que os mais relevantes, para avaliar a distância dos pontos através da transparência, deve comparar-se apenas a transparência dos símbolos com a mesma relevância.

**Agregação *on-screen*:** Representada através da formação de pilhas, que agregam pontos muito próximos entre si. Cada pilha mostra um número, indicativo do número de pontos agregados, e toma a cor e tamanho do ponto mais relevante e mais próximo.

**Sinalização *off-screen*:** pode ser representada pela colocação de símbolos nas molduras laterais do ecrã, por um mini mapa ou radar. A posição do símbolo na moldura representa a rotação necessária para que o símbolo entre na área visível do ecrã.



- **ArWithBorders (ARWB)** – Nesta técnica a representação *off-screen* é feita através de uma moldura com cada linha/coluna e ter 3 divisões. A simbologia é um quadrado com o número de pontos naquela direção.

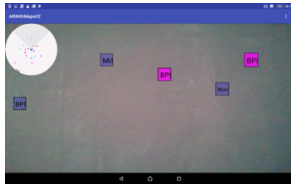
Quanto mais perto estiver da borda do dispositivo, mais longe o ponto se encontra do utilizador.



- **ArWithBordersArrows (ARWBA)** – Nesta técnica a representação *off-screen* é feita através de uma moldura. A simbologia usada é uma seta com o número de pontos naquela direção.



- **ArMiniMap (ARMM)** – Esta técnica a representação é realizada com o auxílio a um mini mapa em que possui um cone representativo dos pontos que o utilizador consegue ver *on-screen* e este cone mantém-se estático sendo o mapa rodado.



utilizador.

- **ArRadar (ARR)** - Esta técnica a representação é realizada com o auxílio a radar colocado no canto superior esquerdo que também possui um cone representativo dos pontos que o utilizador consegue ver *on-screen* e este cone mantém-se estático sendo a posição dos pontos alterada conforme a rotação do

Antes do início da experiência o utilizador é colocado no modo livre, para que possa ter algum tempo para experimentar e ambientar-se à aplicação e às várias técnicas. Enquanto este usa a aplicação vão sendo feitas algumas perguntas simples para garantir que o utilizador compreendeu os conceitos explicados e permitindo que o utilizadores tire qualquer dúvida sobre as técnicas.

*Cenário:*

O utilizador encontra-se algures no concelho de Lisboa e, usando a aplicação ARWithMaps no seu dispositivo móvel, orienta-se para Norte apontando o dispositivo nessa direção. De seguida, o utilizador será exposto a várias visualizações de forma sequencial, tentando executar a mesma tarefa para cada uma delas e todas elas serão compostas por 20 pontos de interesse. Propõe-se encontrar o/os ponto(s) de interesse consoante a condição da tarefa.

*Ordem apresentada:*

---

**Observações:**

---

---

---

**Tarefa 1:**

Para todas as visualizações o objetivo será encontrar o ponto de interesse mais relevante e mais perto do utilizador. Entende-se pelo ponto mais perto aquele que geograficamente se encontra a uma menor distância absoluta do

utilizador e não necessariamente o mais perto tendo em conta a rotação do utilizador. Oriente-se nessa direção e, de seguida, clique no mesmo.

*Questões:*

Numa escala de 1 a 5 (em que 1 é o menos preferido), classifique as visualizações de acordo com a sua preferência:

ARWB: \_\_\_\_\_ ARWBA: \_\_\_\_\_ ARMM: \_\_\_\_\_ ARR: \_\_\_\_\_

*Tarefa 2:*

Para todas as visualizações o objetivo será encontrar os 3 pontos de interesse mais relevantes e mais perto do utilizador. Entende-se pelo ponto mais perto aquele que geograficamente se encontra a uma menor distância absoluta do utilizador e não necessariamente o mais perto tendo em conta a rotação do utilizador. À vez oriente-se na direção de cada um dos POI e de seguida, clique nos mesmos. (Sem qualquer ordem específica)

*Questões:*

Numa escala de 1 a 5 (em que 1 é o menos preferido), classifique as visualizações de acordo com a sua preferência:

ARWB: \_\_\_\_\_ ARWBA: \_\_\_\_\_ ARMM: \_\_\_\_\_ ARR: \_\_\_\_\_

#### **5.2.1.2 Questões pós-tarefas**

10. Numa escala de 1 a 5 (em que 1 é o menos preferido), classifique as visualizações de acordo com a sua facilidade de utilização.

ARWB: \_\_\_\_\_ ARWBA: \_\_\_\_\_ ARMM: \_\_\_\_\_ ARR: \_\_\_\_\_

Justifique:

---

---

---

# Anexo B - Formulário de Consentimento Informado



Ciências  
ULisboa

Comissão de Ética para a Recolha e  
Protecção de Dados de Ciências

## Formulário de Consentimento Informado

V2, 1-2-2018

**PROJECTO:** Técnicas de Visualização *Off-Screen*

**INVESTIGADOR RESPONSÁVEL:** Bruno Rocha

Agradecemos o seu interesse e colaboração neste estudo.  
Por favor, preencha o formulário que se segue. Receberá uma cópia quando sair.

1. Confirmo que li e compreendi o folheto informativo associado ao projecto. ☐
2. Foi-me dada a oportunidade de ler e considerar a informação apresentada, e fazer perguntas, as quais foram respondidas de forma satisfatória. ☐
3. Compreendo que a minha participação é voluntária e que sou livre de desistir do estudo em qualquer altura, sem ter que dar quaisquer explicações e sem quaisquer consequências. ☐
4. Compreendo que os dados recolhidos durante o estudo possam ser do conhecimento dos membros da equipa de investigação, sempre que necessário para o estudo. Autorizo que membros da equipa tenham acesso a esses dados. ☐
5. Compreendo que, caso esta investigação venha a ser publicada, todos os dados serão mantidos anónimos e nenhuma informação será identificável como sendo minha. ☐
6. Gostaria que me fosse enviado o relatório final do estudo. ☐

O meu endereço de e-mail é: \_\_\_\_\_

7. Gostaria de ser contactado para o endereço acima acerca de sessões ou estudos adicionais relacionados com este estudo. ☐

8. Declaro que não comuniquei nenhuma razão potencial de qualquer natureza que constitua um eventual factor de risco para a minha saúde ou integridade física. ☐
9. Declaro que não comuniquei nenhuma razão potencial de qualquer natureza que constitua um eventual factor de risco para a minha saúde ou integridade física. ☐
10. Declaro que tomo a minha decisão de forma inteiramente livre. ☐
11. Concordo em participar neste estudo. ☐

---

\_\_/\_\_/\_\_  
Nome do Participante

Assinatura

Data

Sou da opinião que o participante compreendeu os aspetos relevantes da informação fornecida e está apto a tomar uma decisão informada.

---

\_\_/\_\_/\_\_  
Assinatura do Investigador Responsável

Data